

Научно-практический сетевой журнал  
Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель  
Пензенский государственный  
университет архитектуры  
и строительства

Адрес:  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28,  
ПГУАС  
Тел/факс 8412 420501  
E-mail: regas@pguas.ru  
fmatem@pguas.ru  
www.vestnikpguas.ru

Главная редакция:  
В.А. Береговой (главный редактор)  
Б.М. Гришин (заместитель  
главного редактора)  
И.Ю. Шитова (ответственный секретарь)

Редакторы: М.А. Сухова,  
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Л.А. Васин

Компьютерная верстка  
Н.А. Сазонова

Перевод О.В. Гринцова

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации  
Эл. № ФС77-61513 от 24 апреля 2015 г.

Авторы опубликованных материалов  
несут ответственность за достоверность  
приведенных сведений, точность данных  
по цитируемой литературе и за исполь-  
зование в статьях данных, не подлежа-  
щих открытой публикации.

Редакция может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения, не разделяя точку  
зрения автора.

# ВЕСТНИК ПГУАС: СТРОИТЕЛЬСТВО, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ 2(13)/2021 Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА..... 4

**Береговой А.М., Михеев М.В.**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПРОЕКТЕ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ ..... 4

**Береговой В.А., Лавров И.Ю., Языкеев А.В.**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНЫХ  
СОСТАВОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ  
ПРИ РЕСТАВРАЦИИ АРХИТЕКТУРНО-  
ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ..... 8

**Гаврилов М.А., Гаврилова Д.М.**  
ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ  
КОМПОЗИТОВ..... 14

**Гарькин И.Н., Агафонкина Н.В.**  
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ  
РАБОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДКРАНОВЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ..... 20

**Грачева Ю.В., Куряева Е.В.**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПЕСЧАНОГО ГРУНТА  
В ПРИБОРЕ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА.  
ЧАСТЬ 1 ..... 24

**Ерошкина Н.А., Коровкин М.О.**  
ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА КРУПНОГО  
ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОПОЛИМЕРНОГО  
БЕТОНА..... 28

**Кузнецова Г.В., Морозова Н.Н.,  
Лукшина Е.Д., Гараев А.Р.**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИГМЕНТА И  
КОЛИЧЕСТВА ВЯЖУЩЕГО НА СВОЙСТВА  
ЦВЕТНЫХ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ ..... 34

**Махамбетова К.Н., Шитова И.Ю.,  
Абдуганиев А.К., Хамзина Б.Е.**  
КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ И ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ  
ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ, МОДИФИЦИРОВАН-  
НЫХ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМ  
ГИДРОФОБИЗАТОРОМ ..... 39

<b>Хвастунов В.Л., Махамбетова К.Н., Пузырев О.В.</b> КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОШЛАКОВЫХ ВЯЖУЩИХ И МЕСТНОГО СЫРЬЯ.....	44	<b>Логанина В.И., Зайцева М.В.</b> ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ К ОТСЛАИВАНИЮ ОТДЕЛОЧНОГО СЛОЯ С УЧЕТОМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА .....	64
<b>Шитова И.Ю., Иванцов Р.А., Устинов В.В.</b> ОЦЕНКА КЛЕЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ КЛЕЕВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАТА И ПОЛИУРЕТАНА ПРИ СКЛЕИВАНИИ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ .....	49	<b>Макарова Л.В., Акжигитова А.Р.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ 5S .....	69
<b>СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ.....</b>	<b>54</b>	<b>Тарасов Р.В., Кармишина А.С.</b> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ .....	<b>77</b>
<b>Баукова Н.С., Максимова И.Н.</b> ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПОДОТРАСЛИ ХИМИЧЕСКОГО И НЕФТЯНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ .....	54	<b>ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....</b>	<b>87</b>
<b>Гуляков Е.Г., Морозова Н.Н., Морозов В.В.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ .....	60	<b>Грачева Ю.В., Тарасева Н.И., Хрипунова М.С., Моршанкин В.А.</b> ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ».....	87

---

# Contents

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE .. 4	
<b>Beregovoy A.M., Miheev M.V.</b> USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE PROJECT OF AN ENERGY- EFFICIENT BUILDING ..... 4	<b>Shitova I.Yu., Ivantsov R.A., Ustinov V.V.</b> ASSESSMENT OF THE ADHESIVE ABILITY OF SYNTHETIC ADHESIVES BASED ON POLYACRYLATE AND POLYURETHANE WHEN GLUING OAK WOOD SAMPLES....49
<b>Beregovoy V.A., Lavrov I.Yu., Yazykeyev A.V.</b> DETERMINATION OF MORTARS COMPOSITIONS OF RESTORATION OF HISTORICAL OBJECTS ..... 8	STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT ..... 54
<b>Gavrilov M.A., Gavrilova D.M.</b> STRENGTH PROPERTIES OF MODIFIED EPOXY COMPOSITES ..... 14	<b>Baukova N.S., Maksimova I.N.</b> PROCEDURE FOR ASSESSMENT AND SELECTION OF SUPPLIERS IN THE ORGANIZATION OF THE SECTOR OF CHEMICAL AND PETROLEUM ENGINEERING ..... 54
<b>Garkin I.N., Agafonkina N.V.</b> TECHNOLOGY OF REPAIRING METAL CRANE STRUCTURES ..... 20	<b>Gulyakov E.G., Morozova N.N., Morozov V.V.</b> IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION PROCESS OF CONSTRUCTION INDUSTRY ENTERPRISES ..... 60
<b>Gracheva Yu.V., Kuryaeva E.V.</b> DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF SANDY SOIL IN A SINGLE-PLANE SLICE DEVICE. PART 1. . 24	<b>Loganina V.I., Zaytseva M.V.</b> ENSURING FINISHING LAYER PEELING RESISTANCE TAKING INTO ACCOUNT THE VARIABILITY OF QUALITY INDICATORS ..... 64
<b>Eroshkina N.A., Korovkin M.O.</b> THE INFLUENCE OF COARS AGGREGATE MATERIAL FOR STRENGTH CHARACTERISTICS OF GEOPOLYMER CONCRETE..... 28	<b>Makarova L.V., Akzhigitova A.R.</b> ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF 5S SYSTEM IMPLEMENTATION.....69
<b>Kuznetsova G.V., Morozova N.N., Lukshina E.D., Garaev A.R.</b> INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PIGMENT AND THE AMOUNT OF BINDER ON THE PROPERTIES OF COLORED SILICATE PRODUCTS OF AUTOCLAVE HARDENING ..... 34	<b>Tarasov R.V., Karmishina A.S.</b> ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR ASSESSING CUSTOMER SATISFACTION ..... 77
<b>Makhambetova K.N., Shitova I.Yu, Abduganiyev A.K., Khamzina B.Ye.</b> KINETICS OF HARDENING AND WATER ABSORPTION OF CEMENT SYSTEMS MODIFIED WITH AN ORGANOMETALLIC HYDROPHOBIZER ..... 39	PEDAGOGICAL SCIENCES..... 87
<b>Khvastunov V.L., Makhambetova K.N., Puzyrev O.B.</b> CORROSION RESISTANCE OF BUILDING MATERIALS ON THE BASIS OF MINERAL SLAG BINDERS AND LOCAL RAW MATERIALS..... 44	<b>Gracheva Yu.V., Taraseeva N.I., Khripunova M.S., Morshankin V.A.</b> DEVELOPMENT THE METHODS OF COMPRESSION STUDYING THE DISCIPLINE «GEOTECHNICAL RESEARCH OF SOILS».....87

---

# СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

# CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

УДК 721.011.1:697.7.004.18

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Береговой Александр Маркович,**  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Городское строительство  
и архитектура»

E-mail: ambereg@rambler.ru

**Михеев Максим Витальевич,**  
студент

E-mail: gsia@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Beregovoy Aleksandr Marcovich,**  
Doctor of Sciences, Professor of the department  
«Urban construction and Architecture»

E-mail: ambereg@rambler.ru

**Miheev Maccsim Vitalievich,**  
student

E-mail: gsia@pguas.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПРОЕКТЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ

А.М. Береговой, М.В. Михеев

Рассмотрены энергоэкономичные технические и архитектурно-конструктивные решения по использованию тепла солнечной радиации, верхних слоев земли для малоэтажных зданий, а также по утилизации уходящего теплового потока для многоэтажных домов. Для каждого из рассмотренных решений дана оценка эффекту энергосбережения.

*Ключевые слова: энергоэффективное здание, плоский солнечный коллектор, воздухопровод подземного помещения, стена с воздушной прослойкой, возобновляемые источники энергии*

## USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE PROJECT OF AN ENERGY-EFFICIENT BUILDING

A.M. Beregovoy, M.V. Miheev

Energy-efficient technical and architectural design solutions are considered on the use of solar radiation heat, the upper layers of the earth for low-rise buildings, as well as on the disposal of outgoing heat flow for multi-storey buildings. An assessment of the energy saving effect is given for each of the considered solutions.

*Keywords: energy-efficient building, flat solar collector, air duct of an underground room, wall with an air layer, renewable energy sources*

Как известно, капитальное строительство является одной из наиболее энергоемких отраслей экономики страны. На отопление только гражданских зданий затрачивается около 30 % добываемого твердого и газообразного топлива. Большие возможности по экономии топливно-энергетических ресурсов для отопления зданий заключаются в использовании возобновляемых источников энергии. К этим источникам относятся такие виды рассеянной природной энергии, как тепло солнечной радиации и верхних слоев земли.

Эффективность энергетического воздействия таких источников повышают с помощью специальных технических устройств по типу утилизаторов тепла, солнечных батарей, плоских солнечных коллекторов, тепловых насосов. Однако они отличаются высокой стоимостью применения. Так, приточно-вытяжной теплообменник-утилизатор с расходом воздуха до 2000 м<sup>3</sup>/ч стоит несколько сотен тысяч рублей. Установка в небольшом здании (с площадью отопления 350 м<sup>2</sup>) геотермального теплового насоса с земляным коллектором повлечет за собой, как минимум, расходы в 12 000 евро и еще эксплуатационные расходы на электричество 400 евро/год. Стоимость небольшого модуля солнечной батареи размером 550×1185 мм и мощностью 85 Вт составляет несколько десятков тысяч руб.

В данном исследовании рассмотрены более экономичные способы использования тепла солнечной радиации и верхних слоев земли для небольшого здания и техническое решение по утилизации тепла уходящего из помещения воздуха для многоэтажного дома (см. таблицу). Использование упомянутых рассеянных источников энергии наиболее эффективно в зданиях с небольшой площадью отопления  $S_{от}$ , поскольку они имеют относительно небольшую тепловую нагрузку в период отопления, что увеличивает долю тепла  $f$  от возобновляемого источника энергии.

#### Факторы энергосбережения в архитектурно-строительном проектировании малоэтажных зданий

Тип здания	Основная функция	Описание функции	Энергосберегающий эффект
1. Малоэтажное здание с модулями плоского солнечного коллектора на южном фасаде	Эффективность использования тепла солнечной радиации зависит от размеров плоского солнечного коллектора	По Бэкману У. $f = 100 Q_T / L$ , $F = Q_u / A \cdot I_T$	В малоэтажном здании доля поступающего от солнца тепла $f$ может составить 15 %
2. Малоэтажное здание с подземным помещением, имеющим воздуховод	Энергосбережение за счет тепла земли и уменьшения объема холодного приточного воздуха через традиционное отверстие	$t_x = t_b - (t_b - t_n) \cdot e^{-Ax}$ $Q = 0,28 \cdot w_{вент} \cdot \gamma_n \cdot c_b \cdot (t_b - t_n)$	Экономия тепловой энергии в пределах от 11 до 48 % для жилых помещений с площадью 11–60 м <sup>2</sup>
3. Наружная стена с вентилируемой воздушной прослойкой в многоэтажном здании	Эффективность утилизации тепла уходящего воздуха помещения зависит от высоты воздушной прослойки	$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}$ , $A = \alpha_k \cdot D_0 / (G \cdot c)$ , $\alpha_k = 3,25 \cdot \delta_{пр}^{-0,2} \cdot \nu_{пр}^{0,8}$ , $G = \nu_{пр} \cdot \rho \cdot \delta_{пр} \cdot \delta_{пр}^I$	При поступлении в воздушную прослойку наружного воздуха ( $t_n = +1$ °С) на высоте 30 м температура воздуха на выходе из прослойки $t_x = +14$ °С

Так, при использовании упрощенного варианта плоского солнечного коллектора на стене южной ориентации в условиях II климатического района показатель  $f$  может

составить: 15 % – для небольшого здания ( $S_{от} = 120 \text{ м}^2$ ) с тепловой нагрузкой 68 КДж и всего 3,55 % – для здания ( $S_{от} = 1200 \text{ м}^2$ ) с тепловой нагрузкой 1057 КДж [1].

В расчетной модели первого способа использованы следующие показатели:  $Q_t$  – тепловая эффективность энергоактивной конструкции по типу плоского солнечного коллектора;  $L$  – сумма тепловых нагрузок системы отопления здания;  $F$  – эффективность данной конструкции.

В [1] предложен упрощенный и более дешевый вариант плоского солнечного коллектора с воздушным теплоносителем. На хорошую тепловую эффективность этой энергоактивной конструкции указывают результаты ее натурных испытаний на стене юго-восточной ориентации в феврале месяце при наружной температуре  $t_n = -2^\circ\text{C}$ : температура нагрева зачерненной поверхности адсорбера  $t_a$  достигала температуры кипения воды, а на выходе из канала в помещении температура воздуха из коллектора колебалась в пределах  $60^\circ\text{C}$ .

Снижение эффективности солнечного коллектора в отопительный период по причине низких наружных температур отчасти компенсируется низким солнцестоянием, при котором лучи солнца попадают на поверхность стены почти под прямым углом. Они проходят через двухслойное остекление коллектора, разогревают адсорбер, и затем теплый воздух, побуждаемый вентилятором, через каналы поступает в помещение. В отсутствие такой энергоактивной конструкции, как известно, до 90 % тепла солнечной радиации, попадающего на поверхность стены в холодный период года, рассеивается в атмосферу.

Во втором способе используется тепло верхних слоев земли по аналогии с техническим решением, предложенным в [2]. Энергосбережение осуществляется в подземном помещении с помощью подвешенного воздуховода, наружный конец которого служит воздухозабором, а внутренний выходит в обогреваемое помещение.

В расчетной модели второго способа [3] принято:  $t_x$  – температура,  $^\circ\text{C}$ , нагреваемого воздушного потока в сечении  $x$  воздуховода;  $Q$  – количество тепла, затрачиваемого на обогрев вентиляционного воздуха с температурой  $t_n$ . Данный способ позволяет не только использовать тепло земляного массива, но и утилизировать тепловой поток, проходящий в подземное помещение через цокольное перекрытие.

Утилизация тепла уходящего из помещений воздуха для многоэтажного здания рассмотрена в третьей расчетной модели [4]. Движение воздуха в прослойке, побуждаемое вентилятором, осуществляется через воздухозаборное отверстие, расположенное в цокольной части стены, а выход более теплого воздуха предусмотрен из приточного отверстия помещения. Воздушная прослойка расположена с внутренней стороны наружной стены и в целях более эффективной утилизации тепла отделена от помещения тонкой металлической пластиной толщиной 1 мм.

Энергосберегающий эффект, указанный в таблице, свидетельствует о целесообразности применения рассмотренных способов в практике проектирования и строительства энергоэффективных зданий.

### Список литературы

1. Береговой, А.М. Наружные ограждающие конструкции, адаптированные к использованию энергии природной среды / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой, А.В. Гречишкин // Известия вузов. Строительство. – 2005. – № 2. – С.4–8.
2. Береговой, А.М. Энергосбережение в индивидуальном жилом доме при использовании тепла верхних слоев земли / А.М. Береговой, В.А. Береговой // Известия вузов. Строительство. – 2008. – №10. – С. 54–58.
3. Береговой, А.М. Использование тепла земли подземных помещений в энергосбережении / А.М. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №2. – С. 85–89.
4. Мальцев, А.В. Наружное ограждение, утилизирующее тепло уходящего воздуха из помещения / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, В.А. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №1. – С. 123–127.

---

## References

1. Beregovoy, A.M. External enclosing structures adapted to the use of energy of the natural environment / A.M. Beregovoy, A. P. Proshin, V. A. Beregovoy, A.V. Grechishkin // News of higher educational institutions. Construction. – 2005. – No. 2. – P. 4–8.
2. Beregovoy, A.M. The energy saving in individual dwelling house on utilization of heat of earth upper layers / A.M. Beregovoy, V.A. Beregovoy // News of higher educational institutions. Construction. – 2008. – №10. – P. 54–58.
3. Beregovoy, A.M. Using of underground rooms heat in energy saving / A.M. Beregovoy, M.A. Derina, B.A. Beregovoy, A.V. Maltsev // Regional architecture and engineering. – 2016. – No.1. – P. 85–89.
4. Maltsev, A.V. Enclosure structures utilizing removed room air heat / A.V Maltsev, A.M. Beregovoy, V.A. Beregovoy, M.A. Derina // Regional architecture and engineering. – 2014. – No.1. – P. 123–127.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Береговой Виталий Александрович,**  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Технология строительных  
материалов и деревообработки»

**Лавров Иван Юрьевич,**  
магистрант  
E-mail: techbeton@pguas.ru

**Языкеев Алексей Владимирович,**  
аспирант  
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Beregovoy Vitaly Aleksandrovich,**  
Doctor of Sciences, Professor, Head of the  
department «Building materials and woodworking  
technology»

**Lavrov Ivan Yurievich,**  
Undergraduate  
E-mail: techbeton@pguas.ru

**Yazykeyev Aleksey Vladimirovich,**  
Postgraduate  
E-mail: techbeton@pguas.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНЫХ СОСТАВОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ АРХИТЕКТУРНО- ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Береговой, И.Ю. Лавров, А.В. Языкеев

Рассмотрены особенности использования дифференциально-термического, химического и петрографического анализов для решения задач нахождения компонентного состава отделочных и кладочных строительных растворов, изъятых при реставрации. Показано, что комбинация указанных методов позволяет быстро и с достаточной точностью оценить наличие и количество известковых и гипсовых вяжущих в растворах, использованных для строительства объектов культурного наследия первой половины XX века.

*Ключевые слова: аутентичность компонентов, определение состава, строительные растворы, реставрация исторических объектов*

## DETERMINATION OF MORTARS COMPOSITIONS OF RESTORATION OF HISTORICAL OBJECTS

V.A. Beregovoy, I.Yu. Lavrov, A.V. Yazykeyev

The article discusses the use of tools for differential thermal and chemical analyzes to solve the problems of finding the component composition of finishing and masonry mortars seized from the objects of restoration. It is shown that the combination of these methods allows one to estimate with sufficient accuracy the presence and amount of lime and gypsum binders in solutions used for the construction of cultural heritage sites in the first half of the 20th century.

*Keywords: authenticity of components, determination of composition, mortars, restoration of historical objects*

В настоящее время активно проводится реставрация многочисленных строительных объектов, имеющих историко-культурную ценность. В этой связи актуальной становится задача определения компонентного состава исходных растворов, примененных при возведении зданий и сооружений. На практике решение подобных задач существенно облегчается за счет относительно небольшого перечня вяжущих веществ, применявшихся при изготовлении строительных растворов в период XVIII-XIX веков. К ним можно отнести известь, гипс, глину, а также их смеси между собой и минеральными добавками. Минеральный тип таких добавок во многом определялся геологическими особенностями региона строительства [1].

При проведении исследований оценивали химико-минералогический состав затвердевших растворов, изъятых с объектов культурного наследия регионального значения, расположенных в Республике Крым.

Для определения компонентного состава навески проб исследуемых строительных растворов высушивали до постоянной массы, а затем помещали в 12 %-й раствор HCl. После выдержки в течение 24 часов полученный раствор пропускали через бумажный фильтр (синяя лента). Остатки на фильтре высушивали и взвешивали. Результаты опытов приведены на рис. 1 и 2.

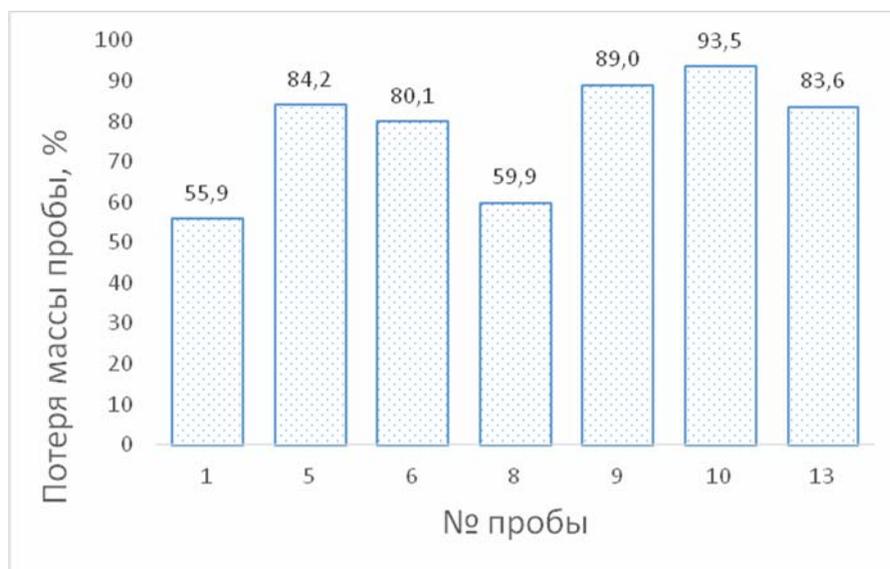


Рис. 1. Потеря массы образцов после экспозиции в растворе HCl

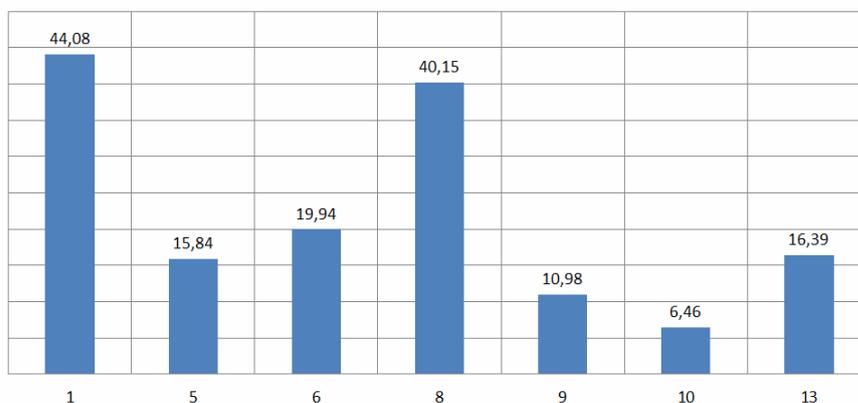


Рис. 2. Содержание в образцах некарбонатных компонентов

Анализ данных показал, что содержание в образцах некарбонатных компонентов варьируется от 6,5 до 44,1 %.

На следующем этапе устанавливали содержание пород методом петрографической разборки и минералогического анализа. Для этого каждую навеску насыпали тонким слоем на бумагу и просматривали с помощью бинокулярного микроскопа. Зерна песка, представленные обломками соответствующих пород и минералов, разделяли тонкой иглой на группы по типам пород и видам минералов. В сомнительных случаях уточняли содержание пород и минералов химическим способом. В зернах песка, представленных обломками минералов, определяли содержание кварца, полевого шпата, темнокветных минералов, кальцита. Для отдельных составов результаты экспериментов по определению минерального типа природного заполнителя представлены на фото.



Остаток проб строительных растворов после отмытки: кварцевый песок с примесью глины (слева); кварцевый песок и гипс (справа)

Для повышения точности оценки компонентного состава образцов были использованы методы дифференциально-термического и термогравиметрического анализа [2]. При проведении исследований применялась установка THERMOSCAN. Она предназначена для измерения температуры, теплоты процессов и величины потери массы образца при нагреве с постоянной скоростью при кристаллизации, испарении, полиморфных превращениях, плавлении, разложении, химических и других реакциях, связанных с поглощением или выделением тепла. Технические параметры установки приведены в таблице.

Технические параметры установки THERMOSCAN

Характеристики	Значения
Температурный диапазон измерений, °С	до +1000
Скорость нагрева, °С/мин	10
Сосуды для образцов	кварцевые, объёмом 0,5 см <sup>3</sup>
Погрешность определения температуры, °С	± 1
Точность определения изменения массы, г	0,02

С целью сравнительной идентификации на начальной стадии исследований были сняты термограммы эталонных веществ (рис. 3 и 4). Результаты исследований некоторых образцов, полученные с использованием метода дифференциально-термического анализа, приведены на рис. 5 и 6.

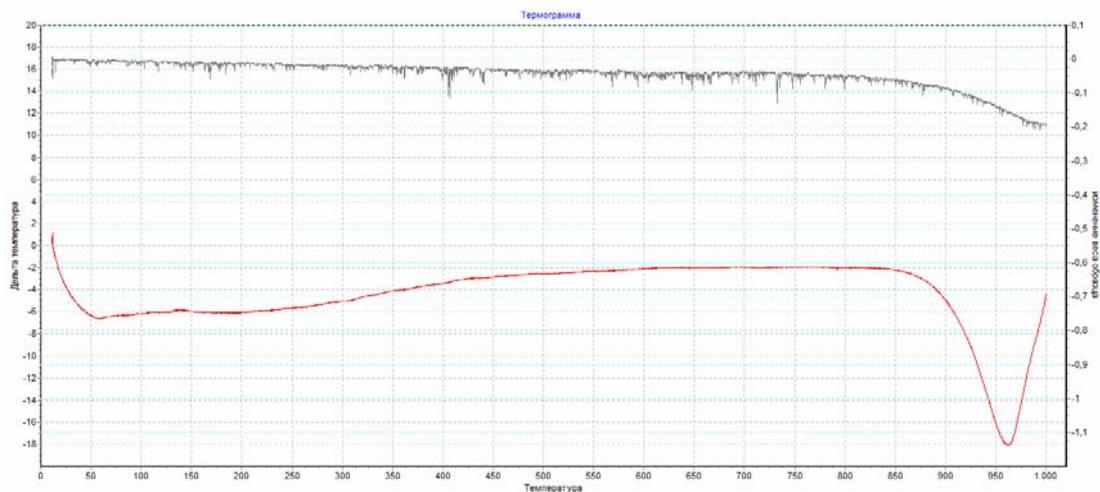


Рис. 3. Термограмма эталонного образца – карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ )

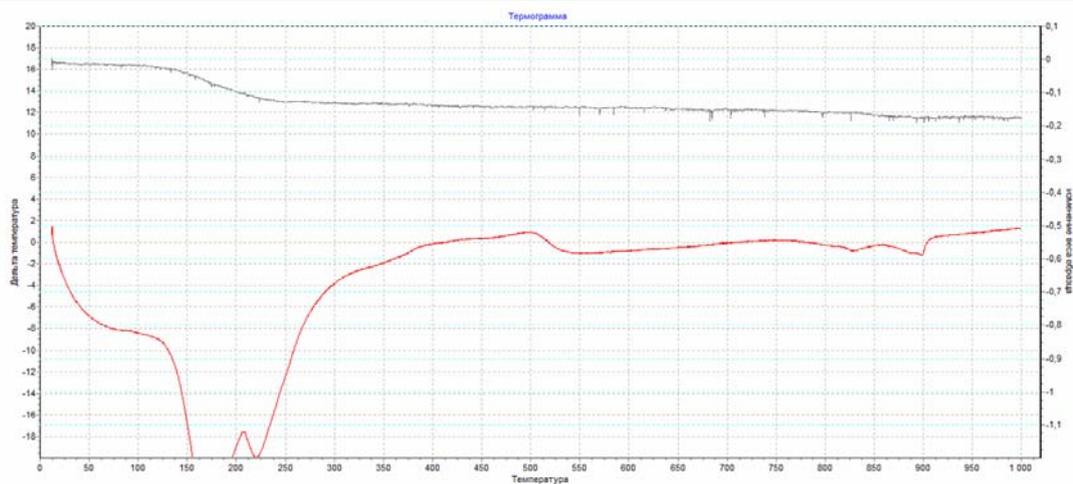


Рис. 4. Термограмма эталонного образца – гипсовый камень ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

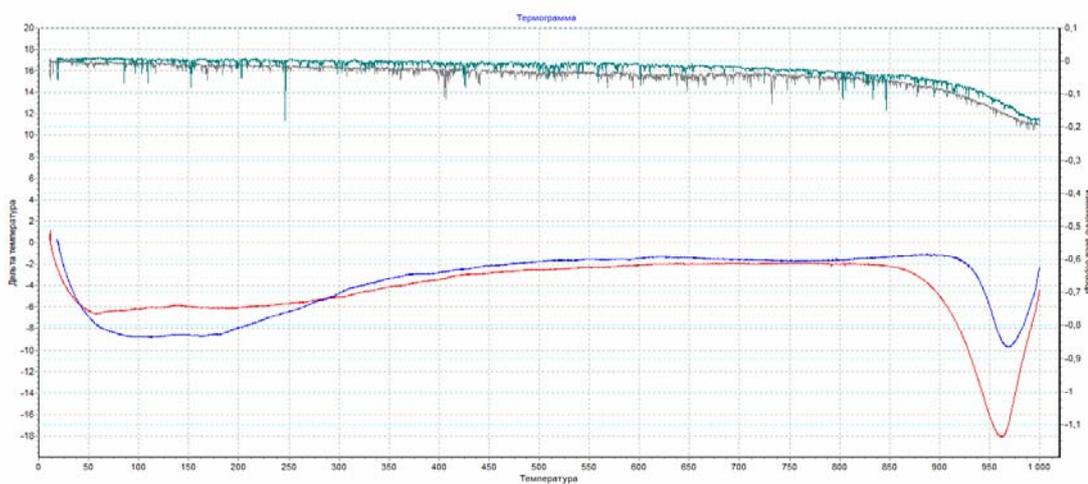


Рис. 5. Термограмма образца №1

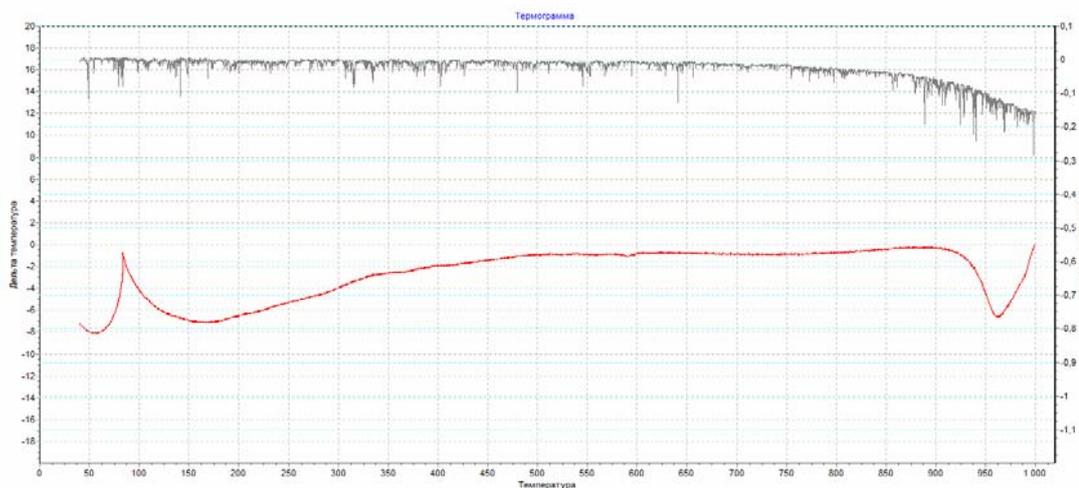


Рис. 6. Термограмма образца №5

Анализ показывает, что основным минеральным компонентом образца №1 является кальцит, сформированный в результате затвердевания известкового раствора. В качестве мелкого заполнителя в составе присутствует кварцевый песок с примесью глины, наличие которой подтверждено в результате петрографической разборки остатка, полученного после отмывки образца раствором  $\text{HCl}$  (см. фото).

Анализ рис. 6 показывает, что основным минеральным компонентом образца №5 является кальцит, кроме этого в составе присутствует кварцевый песок (эндозффект при 577 °С). Общий вид остатка, полученного после отмывки образца раствором HCl, показан на фото (справа).

Петрографический анализ остатка указывает на наличие гипса в исследуемой пробе, однако характерные пики на термограмме рис. 6 отсутствуют. Было сделано предположение о возможности микширования пиков затвердевшей извести и двухводного гипса. В этой связи был произведен дополнительный ДТА остатка образца №5 (рис. 7).

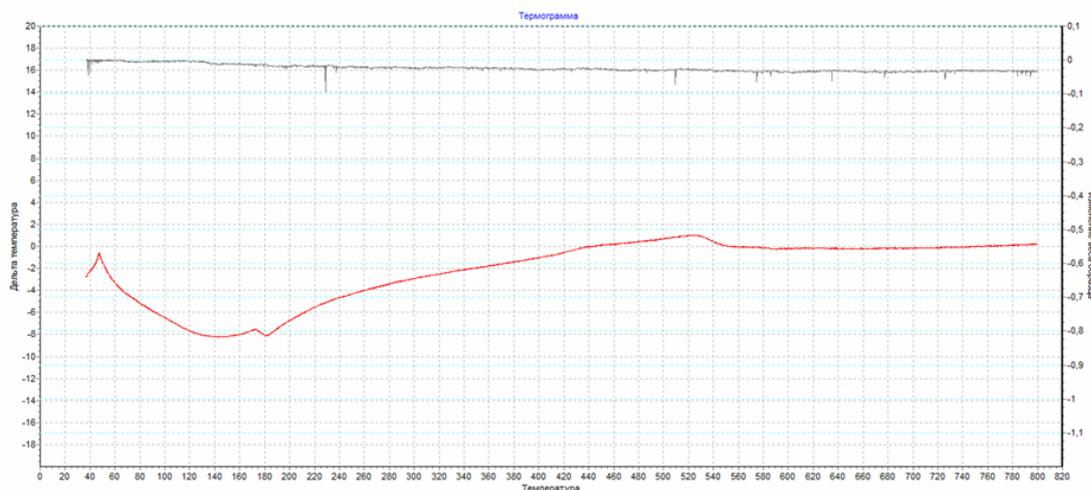


Рис.7. Остаток №5 – термограмма остатка

Анализ данных указывает на присутствие в составе образца гипсовой составляющей. В этой связи образец №5 можно идентифицировать как сложный известково-гипсовый раствор с добавлением кварцевого песка в качестве мелкого заполнителя.

Основной целью добавления гипса к известковому раствору является улучшение показателя адгезии отделочного раствора к деревянной дранке, по которой осуществлялась штукатурка внутренних поверхностей здания.

В ы в о д ы . На основе анализа полученных данных разработаны рекомендации по компонентному составу растворов, учитывающие их аутентичность и уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции [3].

Показано, что комбинация химического и дифференциально-термического анализов, а также метода петрографической разборки позволяет с достаточной точностью провести экспресс-оценку смешанных известковых и гипсовых растворов, использованных при строительстве архитектурно-исторических объектов.

### Список литературы

1. Proshin, A.P. Unautoclave foam concrete in construction, adopted to the regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoi, A.M. Beregovoi, A.I. Eremkin // Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction. 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Сер. «Use of Foamed Concrete in Construction – Proceedings of the International Conference» sponsors: Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.

2. Береговой, В.А. Эффективные пенокерамобетоны общестроительного и специального назначения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / В.А. Береговой, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза, 2012.

3. Береговой, А.М. Показатели энергоэффективности в системном анализе теплопотерь через энергосберегающие наружные ограждения / А.М. Береговой, О.Л. Вик-

### References

1. Proshin, A.P. Unautoclave foam concrete in construction, adopted to the regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoi, A.M. Beregovoi, A.I. Eremkin // Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction. 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Сер. «Use of Foamed Concrete in Construction – Proceedings of the International Conference» sponsors: Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.
2. Beregovoy, V.A. Effective foam concrete for general construction and special purposes: dis. ... Doctor of Sciences: 05.23.05 / V.A. Beregovoy; Penza State University of Architecture and Construction. – Penza, 2012.
3. Beregovoy, A.M. Energy efficiency indicators in the system analysis of heat loss through energy-saving external fences / A.M. Beregovoy, O. L. Viktorova, V.A. Beregovoy // News of higher educational institutions. Construction. – 2009. – № 5 (605). – P. 57–61.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Гаврилов Михаил Александрович**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Начертательная геометрия и графика»  
E-mail: ngig@pguas.ru

**Гаврилова Дарья Михайловна**,  
студент

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Gavrilov Mikhail Aleksandrovich**,  
Candidate of Science, Associate Professor  
of the department «Descriptive Geometry and  
Graphics»  
E-mail: ngig@pguas.ru

**Gavrilova Darya Mikhailovna**  
student

## ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

М.А. Гаврилов, Д.М. Гаврилова

Разработаны составы полимерных материалов на основе эпоксидной смолы с использованием различных кремнийорганических жидкостей в качестве модифицирующих добавок. Установлены особенности влияния добавок на прочностные характеристики эпоксидных компаундов. Выявлено оптимальное содержание модифицирующих добавок, обеспечивающее необходимые прочностные характеристики модифицированных эпоксидных композитов.

*Ключевые слова: эпоксидный компаунд, составы, свойства, модифицирующие добавки*

## STRENGTH PROPERTIES OF MODIFIED EPOXY COMPOSITES

M.A. Gavrilov, D.M. Gavrilova

Compositions of polymer materials based on modified epoxy resin with addition of miscellaneous silicaorganic liquid additives have been developed. Peculiarities of the influence of the additives on strength properties of epoxy composites have been determined. Optimal content of liquid additives providing necessary strength of epoxy compounds has been pointed out.

*Keywords: epoxy compound, compositions, properties, modifiers*

Одним из условий долговечности полимерных композиционных материалов (ПКМ) является обеспечение требуемого уровня прочности, который должен закладываться на стадии проектирования [1, 2]. Соломатовым В.И. установлено, что прочность композиционных материалов зависит от следующих факторов:

$$R = f(\Pi/H; S; \nu; K; P);$$

здесь  $\Pi/H$  – степень наполнения;  $S$  – дисперсность наполнителя;  $\nu$  – физико-химическая активность поверхности наполнителя;  $K$  – концентрация полимеризующего вещества;  $P$  – пористость связующего.

Прочность ПКМ может быть повышена за счет использования комбинированных наполнителей, регулирования режимов отверждения, обработки аппретами, механической очистки поверхности наполнителя, введения модифицирующих добавок [3].

Химически стойкие эпоксидные полимеррастворы кроме высокой средней плотности должны обладать достаточной прочностью, позволяющей использовать их в качестве надежных облицовочных материалов. Прочностные характеристики эпоксидных композитов (далее ЭК) исследовались на высоконаполненных составах при

П/Н=1/18 (табл. 1). Использовалась эпоксидная смола ЭД-20 с полиэтиленполиамином (ПЭПА) в качестве отвердителя; в качестве наполнителя использован отход производства оптического стекла ТФ-110. В качестве модификаторов использовали следующие разновидности кремнийорганических жидкостей (далее КОЖ): КО-916К; КО-919Т; КО-922; ГЖ-136-41. Кинетика набора прочности ЭЖ представлена на рис. 1–4.

Т а б л и ц а 1

Составы исследуемых ЭЖ

№ состава	Содержание компонентов, % по массе				
	ЭД-20	ПЭПА	ТФ-110	КО-916К КО-919Т КО-922	ГЖ 136-41
1	5,208	1,042	93,750	–	–
2	5,207	1,041	93,726	0,026	–
3	5,206	1,041	93,701	0,052	–
4	5,200	1,040	93,604	0,156	–
5	5,208	1,042	93,749	–	0,001
6	5,208	1,042	93,745	–	0,005
7	5,207	1,041	93,726	–	0,026

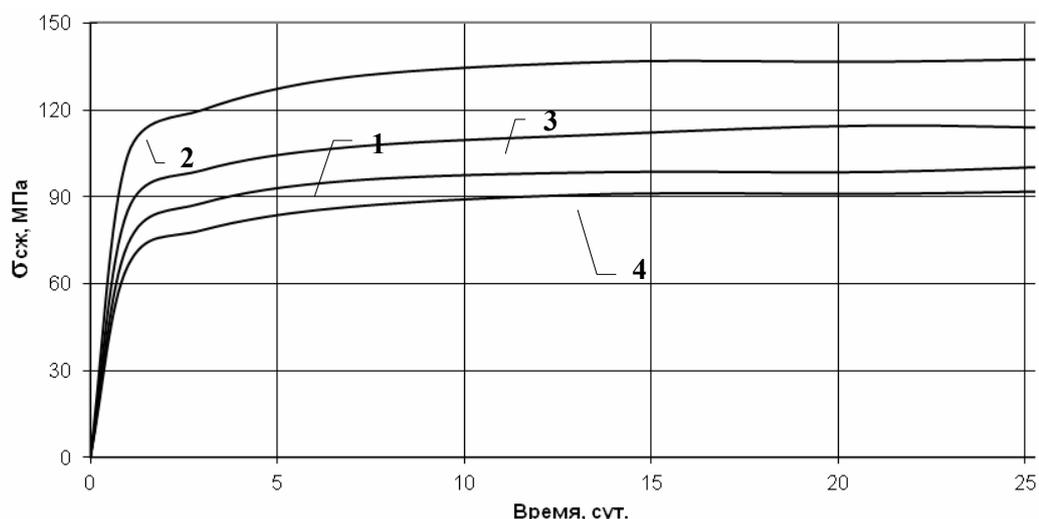


Рис. 1. Влияние добавки КО-916К на кинетику набора прочности ЭЖ (П/Н=1/18):  
1 – без добавки; 2 – 0,5 %; 3 – 1,0 %; 4 – 3,0 %

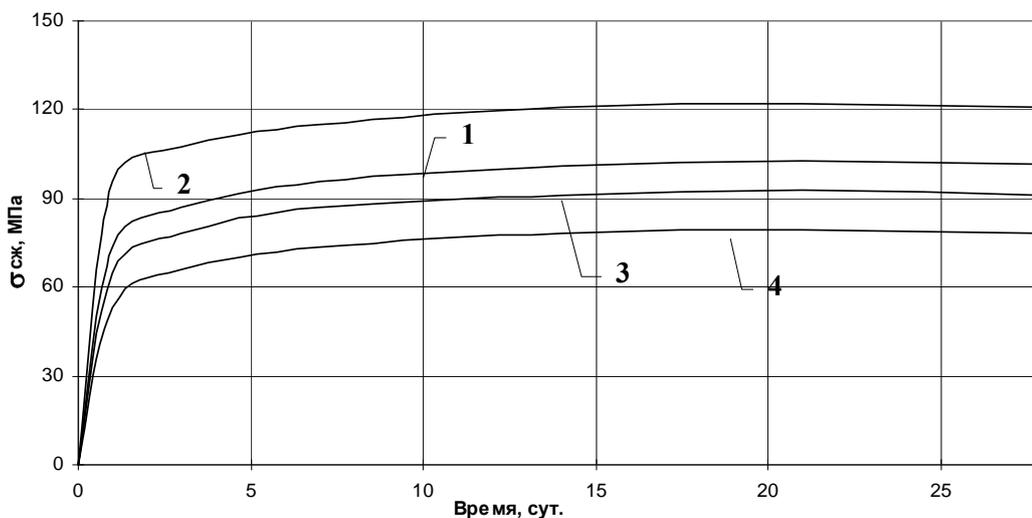


Рис. 2. Влияние добавки КО-919Т на кинетику набора прочности ЭЖ (П/Н=1/18):  
1 – без добавки; 2 – 0,5 %; 3 – 1,0 %; 4 – 3,0 %

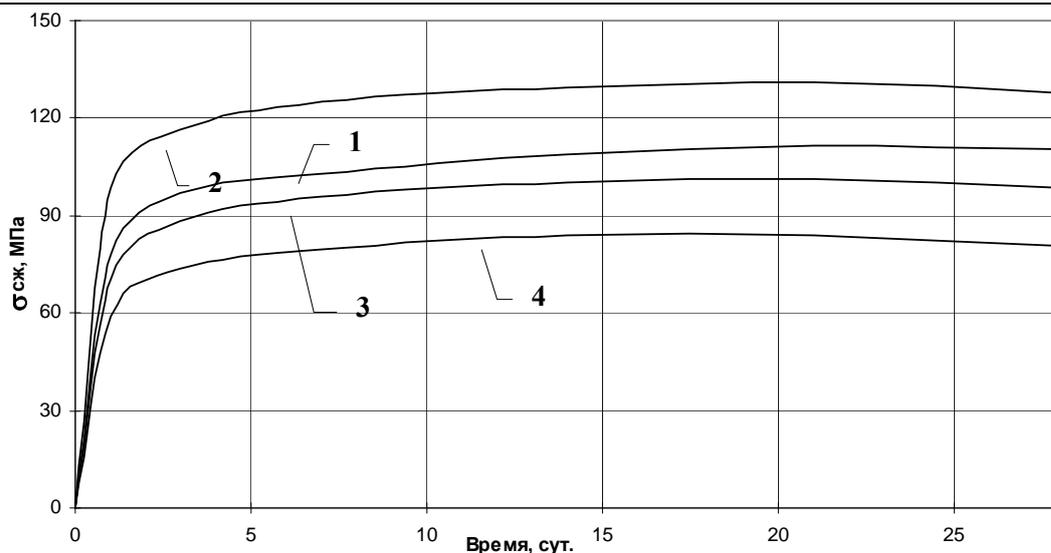


Рис. 3. Влияние добавки КО-922 на кинетику набора прочности ЭК (П/Н=1/18):  
1 – без добавки; 2 – 0,5 %; 3 – 1,0 %; 4 – 3,0 %

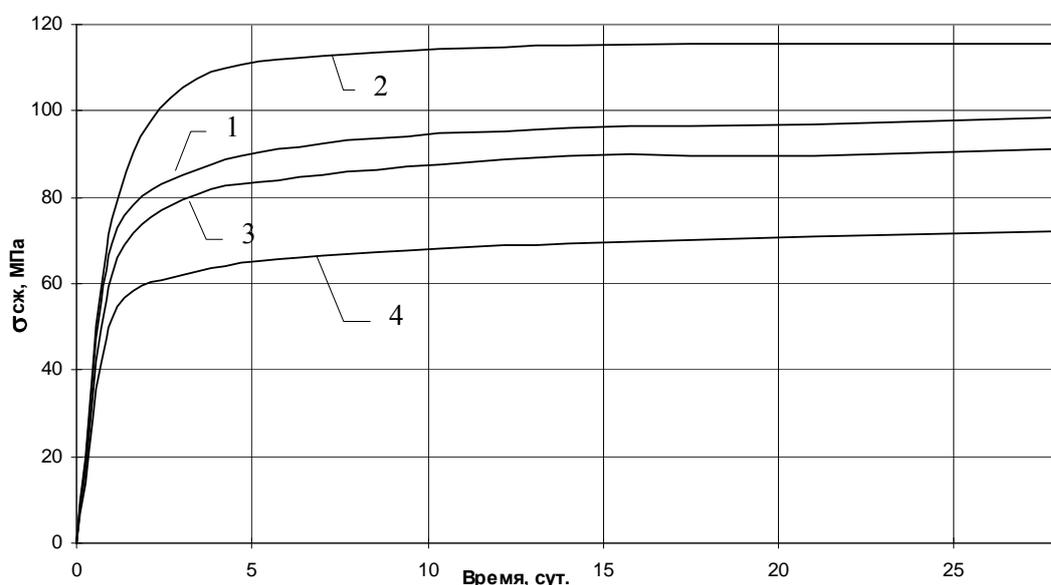


Рис. 4. Влияние добавки ГЖ 136-41 на кинетику набора прочности ЭК (П/Н=1/18):  
1 – без добавки; 2 – 0,01 %; 3 – 0,05 %; 4 – 0,10 %

Как следует из рис. 1–4, наиболее интенсивный рост прочности ЭК происходит в период первых семи суток – до 90 %. Причем за первые сутки прочность достигает 75–80 % своих максимальных значений.

Полученные результаты хорошо коррелируются с кинетикой внутренних напряжений и усадочных деформаций ЭК [1, 3]. Это подтверждает предположение о том, что наиболее активно процесс формирования структуры композитов происходит в течение первых семи суток.

Зависимость прочности при сжатии от вида и концентрации КОЖ носит сложный характер. Малые добавки КОЖ повышают прочность ЭК на 20–35 % по сравнению с контрольными образцами. Средние концентрации таких модификаторов, как КО-916К и КО-922, повышают прочность полимеррастворов на 10 и 15 % соответственно. Между тем средние концентрации КО-919Т и ГЖ 136-41 несколько снижают прочность композитов на 3 и 5 % соответственно.

Для всех образцов разрушение носит хрупкий характер и сопровождается характерным треском при раскалывании. Тип разрушения – смешанный адгезионно-когезионный.

При введении в композиты максимальных добавок КОЖ во всех составах отмечается заметное снижение прочности в среднем до 25 %. Одновременно уменьшается жесткость композитов, что проявляется в менее хрупком разрушении образцов.

По упрочняющему эффекту КОЖ располагаются в следующем порядке: КО-922; КО-916К; ГЖ 136-41; КО-919Т.

Высокая эффективность малых и некоторых средних добавок КОЖ объясняется изменением характера взаимодействия на межфазной поверхности [4]. Все КОЖ содержат в своих составах силановые группы, способные к гидролизу водой, адсорбированной на поверхности наполнителя (стекла). Образующиеся при этом силанольные группы обеспечивают прочное присоединение модифицированного связующего к наполнителю.

В силу своей природы все КОЖ являются вязкими ньютоновскими жидкостями подобно эпоксидному олигомеру. Вследствие этого при растворении в связующем молекулы КОЖ способны проникать только в межструктурные пространства. Такая пластификация носит название межструктурной [5]. При данном типе пластификации малые концентрации добавок способны повышать физико-механические показатели ПКМ вследствие улучшения лиофилизирующих показателей связующего. Молекулы КОЖ, проникая внутрь эпоксиполимера, блокируют часть его функциональных групп, препятствуют образованию крупных надмолекулярных структур и увеличивают конформационную подвижность цепей. Модифицированное связующее приобретает при этом более упорядоченное фибриллярное строение. Вследствие такого избирательно-адсорбционного взаимодействия происходит увеличение числа частиц наполнителя, участвующих в процессах структурообразования.

Большие концентрации КОЖ приводят к адсорбционному насыщению поверхности наполнителя. На поверхности раздела образуются мономолекулярные слои, выполняющие роль смазки. В результате такого увеличения подвижности надмолекулярных структур частицы твердой фазы блокируются, что сопровождается снижением прочности ЭКМ.

Механизм пластификации КОЖ при средних концентрациях занимает промежуточное положение, что объясняет колебания прочности ЭК в ту или иную сторону в составах № 3 на рис. 1–4.

Аналогичный механизм пластификации выявлен при определении твердости ЭК на коническом инденторе.

Определение деформативных свойств ЭК производилось по следующей методике. Для ЭК выбиралась основная статическая нагрузка  $P_m = 447,5$  Н, которая плавно передавалась на конический индентор пластометра Гепплера, внедряемый в испытываемый образец на глубину 0,5–3,0 мм в течение 15 минут. По истечении этого времени снималась основная и прикладывалась вспомогательная нагрузка  $P_0 = 2,5$  Н в течение 3 минут. При этом фиксировались следующие показания индикатора прибора с точностью до 0,01 мм:  $h_0; h_{01}; h_1; h_3; h_{15}; h_{41}; h_{43}$ , соответствующие соприкосновению индентора с материалом соответственно через 1 сек и 1, 3, 15 мин после приложения основной нагрузки и через 1 сек и 3 мин после её снятия. Испытания проводились при нормальной температуре.

По результатам исследований оценивалась твердость ЭК, МПа:

$$T = \frac{0,318 \cdot P_m}{\operatorname{tg}^2 \alpha / 2 \cdot \Delta_{15}^2}.$$

Возраст исследуемых образцов – 28 суток. Составы композитов приведены в табл. 1. Экспериментальная зависимость твердости ЭК от вида и концентрации КОЖ приведена на рис. 5. Сравнительный анализ рис. 1–4 и 5 показал, что прочность при сжатии ПКМ связана с твердостью следующим соотношением:

$$\sigma_{сж} = K_{сж} \cdot T,$$

где  $K_{сж}$  – экспериментально определяемый коэффициент, позволяющий неразрушающим методом находить значения  $\sigma_{сж}$ . Для исследуемых составов данный коэффициент имеет следующее значение:  $K_{сж} = 0,143$ .

В связи с тем что химически стойкие ЭК предназначены для устройства защиты в виде прессованных облицовочных плит, практический интерес представляло изучение сопротивления ударным и истирающим воздействиям. Результаты исследований сведены в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Сопротивление удару прессованных ЭК, модифицированных КОЖ

Концентрация КОЖ, % от массы связующего	Сопротивление удару ЭК в зависимости от вида и концентрации КОЖ, $\times 10^{-6}$ Дж/м <sup>3</sup>			
	КО-916К	КО-919Т	КО-922	ГЖ 136-41
0 (контрольный)	6,6			
0,01	-	-	-	12,3
0,05	-	-	-	7,8
0,10	-	-	-	5,8
0,50	12,9	11,3	14,5	-
1,00	8,7	7,3	8,2	-
3,00	5,8	4,5	6,3	-

Т а б л и ц а 3

Сопротивление истиранию прессованных ЭК, модифицированных КОЖ

Концентрация КОЖ, % от массы связующего	Сопротивление истираемости ЭК в зависимости от вида и концентрации КОЖ, г/см <sup>2</sup>			
	КО-916К	КО-919Т	КО-922	ГЖ 136-41
Контрольный (без КОЖ)	0,092			
0,01	-	-	-	0,076
0,05	-	-	-	0,087
0,10	-	-	-	0,998
0,50	0,071	0,080	0,077	-
1,00	0,085	0,092	0,088	-
3,00	0,096	1,121	1,073	-

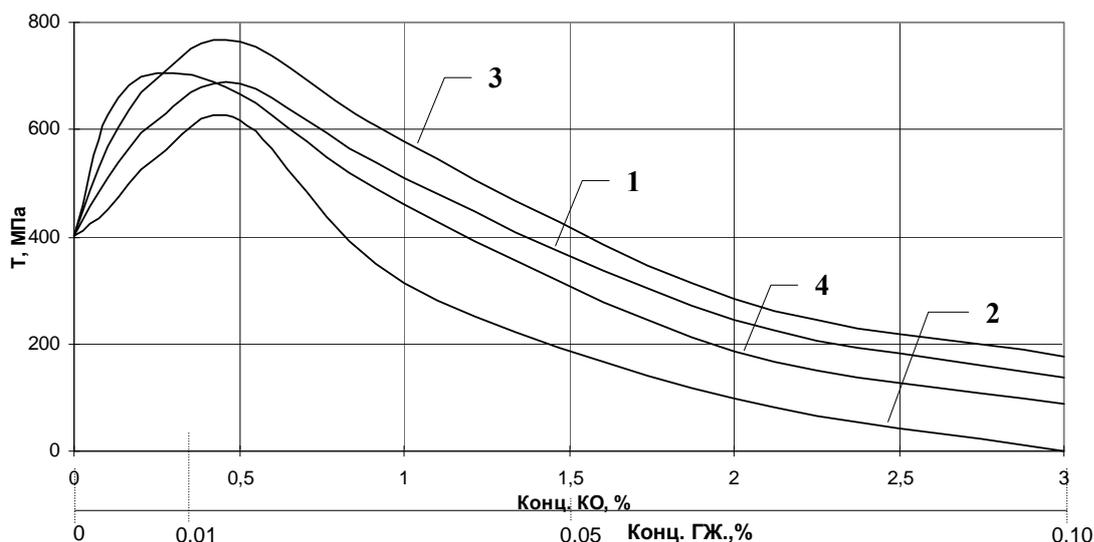


Рис. 5. Влияние КОЖ на твердость ЭК (П/Н=1/18):  
1 – КО-916К, 2 – КО-919Т, 3 – КО-922, 4 – ГЖ 136-41

**Выводы.** Экспериментальные результаты, представленные в табл. 2 и 3, подчиняются описанному выше механизму межструктурной пластификации. Следовательно, малые концентрации КОЖ являются эффективными добавками в ЭК для улучшения

их физико-механических свойств и характеристик. Определены оптимальные концентрации КОЖ, повышающие прочностные показатели ЭК: 0,5 % – для КО лаков и 0,01 % – для ГЖ 136-41. Прочность при сжатии пресс-композигов составила в среднем 120-135 МПа. Установлено, что малые добавки КОЖ (0,5-1,0 % для КО лаков и 0,01-0,05 % для ГЖ 136-41) способствуют повышению жесткости и уменьшению деформативности высоконаполненных ЭКМ.

### Список литературы

1. Гаврилов, М.А. Изучение влияния вида наполнителей на основе асбестосодержащих отходов и их содержания на технологические и механические свойства эпоксидных композигов / М.А. Гаврилов, Д.А. Губанов, В.А. Худяков, В.Т. Ерофеев // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №2 (27). – С. 32–42.
2. Гаврилов, М.А. Химическое сопротивление эпоксидных композигов на основе отходов производства / М.А. Гаврилов, В.Т. Ерофеев, В.А. Худяков // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №3 (28). – С. 60–67.
3. Данилов, А.М. Разработка строительных материалов как сложных систем / А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №2. – С. 50–54.
4. Данилов, А.М. Структура наполненного эпоксидного связующего. Оптическая и сканирующая зондовая микроскопия / А.М. Данилов, В.П. Селяев, А.Н. Круглова // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №1. – С. 41–52.
5. Ерофеев, В.Т. Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композигов на основе полиэфиракрилатной смолы в условиях влажного морского климата / В.Т. Ерофеев, А.В. Мышкин, Е.Н. Каблов [и др.] // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №2 (19). – С. 22–29.

### References

1. Gavrilov, M.A. Evaluation of Effective Types and Consistences of Asbestos-Based Waste Fillers Upon Epoxy Composites And Their Technological and Mechanical Properties / M.A. Gavrilov, D.A. Gubanov, V.A. Hudjakov, V.T. Erofeev // Regional architecture and engineering. – 2016. – Vol. 2 (27). – P. 33–42.
2. Gavrilov, M.A. Chemical Resistance of Epoxy Composites Based on Industrial Waste / M.A. Gavrilov, V.A. Hudjakov, V.T. Erofeev // Regional architecture and engineering. – 2016. – Vol. 3 (28). – P. 60–67.
3. Danilov, A.M. Researching The Construction Materials As Complex Sytems / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Regional architecture and engineering. – 2016. – Vol. 2. – P. 50–54.
4. Danilov, A.M. Structure of Filled Epoxy Binder. Optical and Scanning Probe Microscopy / A.M. Danilov, V.P. Selyaev, A.N. Kruglova // Regional architecture and engineering. – 2014. – Vol. 1. – P. 41–52.
5. Erofeev, V.T. Types of mycoflora in polymer composites based upon polyephyric acrylate resin in humid nautical climate / V.T. Erofeev, A.V. Myshkin, E.N. Kablov // Regional architecture and engineering. – 2014. – Vol. 2. – P. 22–29.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Гарькин Игорь Николаевич,**  
доцент кафедры «Управление качеством  
и технология строительства»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

**Агафонкина Наталья Викторовна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Управление качеством и технология  
строительного производства»  
E-mail: aaa-nata@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Garkin Igor Nikolaevich,**  
Associate Professor of the department «Quality  
management and technology of building  
production»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

**Agafonkina Natalya Viktorovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Quality management and technology  
of building design»  
E-mail: aaa-nata@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И.Н. Гарькин, Н.В. Агафонкина

Дается порядок выполнения ремонтных работ металлических подкрановых балок (на примере ремонта подкрановых балок на грейферном складе цеха по производству и фасовке сухого цемента в г. Саранске). Приводятся характерные дефекты подкрановых конструкций и перечень мероприятий по их устранению. Рассматривается состав необходимой документации, оформляемой при ремонте подобных конструкций.

*Ключевые слова: подкрановые конструкции, подкрановая балка, технология ремонта, усиление конструкций, проект производства работ, обследование конструкций, остаточный ресурс*

## TECHNOLOGY OF REPAIRING METAL CRANE STRUCTURES

I.N. Garkin, N.V. Agafonkina

The procedure of repairing metal crane beams is given (on the example of repairing crane beams at the grab warehouse of the dry cement production and packaging workshop in Saransk). The characteristic defects of crane structures and measures to eliminate them are given. The list of the necessary documentation issued during the repair of such structures is considered.

*Keywords: crane structures, crane girders, repair technology, reinforcement of structures, work design, structural inspection, residual life*

Высокий износ подкрановых конструкций на промышленных предприятиях, которые занимают примерно 25 % от объема металлического каркаса здания [1], требует проведения мероприятий по повышению безопасной эксплуатации здания в целом. Для этого необходимо производить плановые осмотры и обследования [2...4], периодичность которых зависит от режимов работы кранов, сроков и агрессивности среды эксплуатации, и выполнять комплекс ремонтных мероприятий для устранения выявленных дефектов.

На примере здания грейферного склада цеха в г. Саранске рассмотрим весь цикл проведения ремонтных работ.

1. Техническая экспертиза строительных конструкций здания (в частности подкрановых конструкций). Данный этап относится к подготовительному. В его рамках сотрудниками предприятия или специализированной организацией проводится

работа по выявлению дефектов, и даются рекомендации по их устранению (для последующей безопасной эксплуатации здания). По итогам данного этапа оформляется технический отчет.

2. Разработка проектно-сметной документации на ремонт/усиление конструкции подкрановых балок, которая должна проводиться специализированной организацией, имеющей допуск СРО в области проектирования и в области изыскательских работ. Если предприятие имеет собственника в лице государства, то требуется прохождение государственной экспертизы проектной документации (по отдельным разделам) и по определению достоверности сметной стоимости.

3. Проведение ремонтных работ. Ремонтные работы относятся к строительномонтажным работам, в связи с этим в случае если сумма контракта по ремонту конструкций превышает 3 миллиона рублей, то организация-исполнитель должна являться членом СРО в области строительства. Работы по ремонту подкрановых конструкций должны выполняться в строгом соответствии с разработанным организацией-исполнителем проектом производства работ (ППР). Исходными данными для разработки ППР на проведение ремонтных работ являются: утвержденный технический (технорбочий) проект, проект организации строительства, технический паспорт здания, ведомости обследования здания, директивный или нормативный срок продолжительности работ, справки предприятия-заказчика об ограничениях, связанных с условиями производства и влияющих на методы выполнения ремонтных работ, сведения о возможности использования источников энерго-, водо- и других видов снабжения, а также существующих автодорог предприятия. Особое внимание при разработке проекта производства работ следует уделить проработке и согласованию решений по последовательности и совмещению работ, определению и ограничению опасных зон, так как ремонтные работы могут вестись без остановки предприятия или с частичной остановкой на участке производства работ. Кроме мероприятий по безопасному ведению работ, может потребоваться разработка мер по защите технологического оборудования и систем инженерного обеспечения цеха от возможного повреждения. ППР согласовывают со всеми службами предприятия-заказчика, участвующими в проектных работах.

4. Приемка работ. Осуществляется комиссионно: представителями заказчика, строительного контроля и исполнителя ремонтных работ (в отдельных случаях требуется присутствие контрольно-надзорных органов, например инспекторов федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору).

В случае с подкрановыми балками ПАО «Мордовцемент» техническая экспертиза не проводилась, а дефекты были обнаружены работниками предприятия в рамках планового осмотра конструкций (рис. 1). Подкрановые балки, подлежащие ремонту, расположены на открытой крановой эстакаде, общая длина которой 460 м, высота сооружения 22 м. Колонны металлические. На подкрановом пути работают 3 грейферных крана грузоподъемностью 10 т.



Рис. 1. Состояние подкрановых конструкций до ремонта

Среди основных выявленных дефектов:

- трещины в стенке подкрановой балки;
- отсутствие крепежных элементов (болтов);
- отклонение от вертикали рельса (эксцентриситет).

После обнаружения дефектов была заказана и разработана проектно-сметная документация на проведение ремонтных работ, содержащая технические решения по усилению конструкций [5], характеристики необходимых материалов, последовательность выполнения работ и мероприятия по их безопасному проведению.

Далее был определен подрядчик работ (конкурсным способом) и выполнены строительно-монтажные работы согласно разработанному подрядчиком проекту производства работ.

Ремонт подкрановых конструкций проводился в следующей последовательности:

- подготовительные работы (включая разработку необходимой документации рабочей);
- устранение повреждений и усиление конструкций;
- рихтовка конструкций и рельсов;
- покраска конструкций;
- сдача выполненных работ.

Перед началом ремонтных работ в действующем цехе должен быть составлен акт-допуск, подписанный ответственным исполнителем и начальником цеха, в котором определяется участок для производства восстановительных работ и мероприятия, обеспечивающие безопасность выполнения работ по форме, приведенной в приложении В СНиП 12-03-2001. Для производства в местах, где имеется или может возникнуть опасность независимо от характера выполняемых работ, рабочим должен быть выдан письменный наряд-допуск по форме, приведенной в приложении Д СНиП 12-03-2001, определяющий безопасные условия работ с указанием опасных зон и необходимых мероприятий по технике безопасности.

До начала сварочных работ был проведен входной контроль свариваемых конструкций, сварочных материалов и проверка сварочного оборудования, инструментов и приспособлений. Заделка трещин производилась в следующей последовательности: зачистка зоны трещины и определение ее концов; устройство на концах трещины отверстий-ловителей; разделка кромок трещины под сварку; подогрев концевых участков трещины; заварка трещины с одновременной проковкой накладываемых швов; обработка сварного шва и рассверловка отверстий-ловителей на больший диаметр в зоне трещины; контроль качества сварного соединения.

Заделка трещин пластинами (в двух вариантах, рис. 2) проводилась в следующей последовательности: выравнивание поверхности; накладка металлической пластины (размеры уточнялись по месту, в зависимости от трещины); выполнение сварочных работ; зачистка швов.

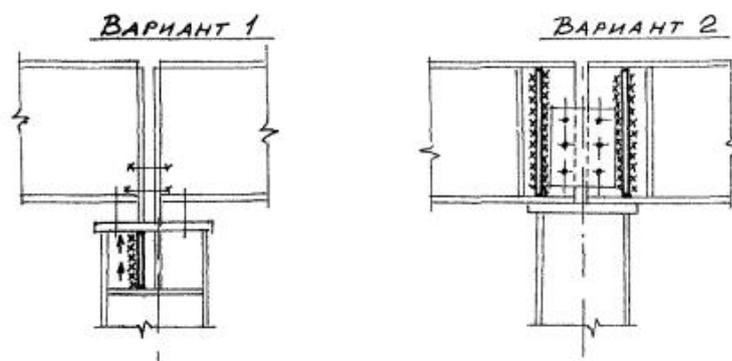


Рис. 2. Усиление при смещении ребер или при отсутствии ребер жесткости у колонн

По завершении сварочных работ поверхности трещин обрабатывались шлифовальными машинками (производилось снятие выпуклости швов; не должна превышать 2 мм над поверхностью основного металла). В целях снижения остаточных сварочных напряжений отверстия-ловители по концам трещины рассверливались до 20–25 мм. Заварка трещин по одному и тому же месту сварного шва проводилась не более двух раз. Сварочные работы производились аттестованными работниками (сварщиками) на аттестованном оборудовании (сварочный аппарат). Сварочные работы велись с соблюдением требований нормативных документов по производству работ и технике безопасности и в строгом соответствии с проектными решениями. Над конструкциями с заваренными трещинами было установлено регулярное наблюдение (выполнялось не реже одного раза в 10 дней) и результаты наблюдений регистрировались в техническом журнале по эксплуатации зданий. Были установлены отсутствующие крепежные элементы (болты). После приемки наружные поверхности конструкций были огрунтованы и окрашены.

Приемка работ проводилась при участии сторонней организации, имеющей аттестованную лабораторию неразрушающего контроля и оборудование для проведения контроля качества сварных швов.

При производстве и приемке работ требуется разработать и проверить комплект исполнительной документации, которая была передана в службу эксплуатации.

Предложенная последовательность проведения ремонтных работ может быть применена при обнаружении аналогичных дефектов металлических подкрановых конструкций предприятий различного назначения.

### Список литературы

1. Нежданов, К.К. Подкрановая балка с повышенным техническим ресурсом эксплуатации / К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 3 (32). – С. 119–122.
2. Гарькин, И.Н. Техническая экспертиза: предотвращение обрушений зданий / И.Н. Гарькин, В.А. Гарькина // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – № 1 (10). – С. 28–32.
3. Гарькин, И.Н. Техническая экспертиза: технология приемки ремонтных работ на высотных сооружениях / И.Н. Гарькин, Н.В. Агафонкина // Вестник Евразийской науки. – 2019. – №4 (июль-август). – Т. 11.
4. Ерёмин, К.И. Обзор аварий и сооружений, произошедших в 2010 году / К.И. Ерёмин, Н.А. Шишкина // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сборник научных трудов. – Магнитогорск: ООО «Велд», 2011. – С.1–20.
5. Туманов, В.А. Повышение выносливости стальных подкрановых балок / В.А. Туманов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1. – С. 75–82.

### References

1. Nezhdanov, K.K. Crane girder with increased technical service life / K.K. Nezhdanov, I.N. Garkin // Regional architecture and engineering. – 2017. – No. 3 (32). – P. 119–122.
2. Garkin, I.N. Technical expertise: preventing collapse of buildings / I.N. Garkin, V.A. Garkina // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2020. – No. 1 (10). – P. 28–32.
3. Garkin, I.N. Technical expertise: technology of acceptance of repair work on high-rise buildings / I.N. Garkin, N.V. Agafonkina // Bulletin of Eurasian Science. – 2019 – No. 4 (July-August). – Vol. 11.
4. Eremin, K.I. Review of accidents and structures that occurred in 2010 / K.I. Eremin, N.A. Shishkina // Prevention of accidents in buildings and structures: collection of scientific papers. – Magnitogorsk: ООО Veld, 2011. – P.1–20.
5. Tumanov, V.A. Increasing the endurance of steel crane beams / V.A. Tumanov // Regional architecture and engineering. – 2012. – № 1. – P. 75–82.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Грачева Юлия Вячеславовна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Геотехника и дорожное строительство»

E-mail: gracheva\_jv@mail.ru

**Куряева Екатерина Валерьевна,**  
студент

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Gracheva Yulia Vyacheslavovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Geotechnics and Road Construction»

E-mail: gracheva\_jv@mail.ru

**Kuryaeva Ekaterina Valeryevna,**  
student

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕСЧАНОГО ГРУНТА В ПРИБОРЕ ОДНОПЛОСКОСТНОГО СРЕЗА ЧАСТЬ 1

Ю.В. Грачева, Е.В. Куряева

До начала проектирования фундамента при возведении объекта промышленного или гражданского назначения осуществляют испытание грунта для установления зависимости его деформации от ряда факторов. От точности полученных данных зависят глубина фундамента сооружения, категория бетонной смеси, а самое главное – устойчивость и надежность строительного объекта. В работе рассмотрено использование прибора одноплоскостного среза с целью установления истинных прочностных характеристик испытываемого песчаного грунта средней крупности.

*Ключевые слова: одноплоскостной срез, прочностные характеристики, угол внутреннего трения, удельное сцепление, песок средней крупности*

## DETERMINATION OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF SANDY SOIL IN A SINGLE-PLANE SLICE DEVICE. PART 1

Yu.V. Gracheva, E.V. Kuryaeva

Before foundation designing, when constructing an industrial or a civil object, the soil is tested to determine the dependence of its deformation on a number of factors. The accuracy of the obtained data depends on the depth of the structure foundation the category of concrete mix, and most important, the stability and reliability of the construction object. The paper considers the use of a single-plane cross-section device in order to establish the true strength characteristics of the tested medium-sized sandy soil.

*Keywords: single-plane section, strength characteristics, internal friction angle, specific adhesion, medium-sized sand*

До начала проектирования фундамента при возведении объекта промышленного или гражданского назначения осуществляют испытание грунта для установления зависимости его деформации от ряда факторов. С учетом полученных данных вносят коррективы в проектные решения. От точности этих данных зависят глубина фундамента сооружения, категория бетонной смеси, а также устойчивость и надежность строительного объекта.

Испытания грунтов на срез осуществляют в полевых или в лабораторных условиях.

В данной работе установление фактических прочностных характеристик испытываемого песчаного грунта средней крупности проводили в геотехнической лаборатории кафедры «Геотехника и дорожное строительство» Пензенского ГУАС [5-8] в установке одноплоскостного среза (рис. 1) по методике [1-4]. Сущность исследования – срез целика грунта при возрастании касательной нагрузки.



Рис. 1. Прибор одноплоскостного среза со статическим нагружением конструкции

Для получения статистически верных результатов необходимо проведение установленного в ГОСТ и СП числа опытов. Данные требования отражены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Вид / схема испытаний.

№	Прибор	Описание грунта	Схема испытания	Стандарт
1	Прибор одноплоскостного среза	Песок мелкий плотный ( $e=0,58$ ) в воздушно-сухом состоянии	Вертикальное нагружение 100 кПа, срез с постоянной скоростью	ГОСТ-12248 (п. 5.1)
2			Вертикальное нагружение 200 кПа, срез с постоянной скоростью	ГОСТ-12248 (п. 5.1)
3			Вертикальное нагружение 300 кПа, срез с постоянной скоростью	ГОСТ-12248 (п. 5.1)
4			Вертикальное нагружение 400 кПа, срез с постоянной скоростью	ГОСТ-12248 (п. 5.1)

Характеристики испытываемых проб грунта сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Характеристики образцов грунта

Наименование грунта	Прибор	Весы, линейки				Набор сит						Срез	
		$\gamma_s, \text{гр/см}^3$	$\gamma, \text{гр/см}^3$	$\omega, \%$	$e$	A5, %	A2, %	A1, %	A0,5, %	A0,25, %	A0,1, %	$\varphi$	c
Песок мелкий плотный в воздушно-сухом состоянии	Физические характеристики	2,65	1,7	0	0,58								
	Гранулометрический состав					1,6	4,6	8,2	6,9	22,4	56,3		
	Механические прочностные характеристики											+	+

П р и м е ч а н и е . «+» – возможность определения данной характеристики.

Согласно [4], для получения прямой зависимости касательных напряжений от нормальных напряжений (без учета статистической обработки) необходимо выполнить минимум три опыта с разными значениями прикладываемого вертикального давления. Было проведено 4 испытания с соответствующими значениями вертикальной нагрузки: 100-200-300-400 кПа.

По результатам испытаний сформирована табл. 3, в которую включены значения  $\delta$ , кПа, и  $\tau$ , кПа, на момент максимальной прочности образца.

Т а б л и ц а 3

Значения испытаний на одноплоскостной срез пробы грунта

Песок плотный $e_0=0,56$	$\delta$ , кПа	$\tau$ , кПа
Опыт №1	100	105,6
Опыт №2	200	227,1
Опыт №3	300	287,9
Опыт №4	400	365,5

Зависимость между касательными и нормальными напряжениями представлена на рис. 2.

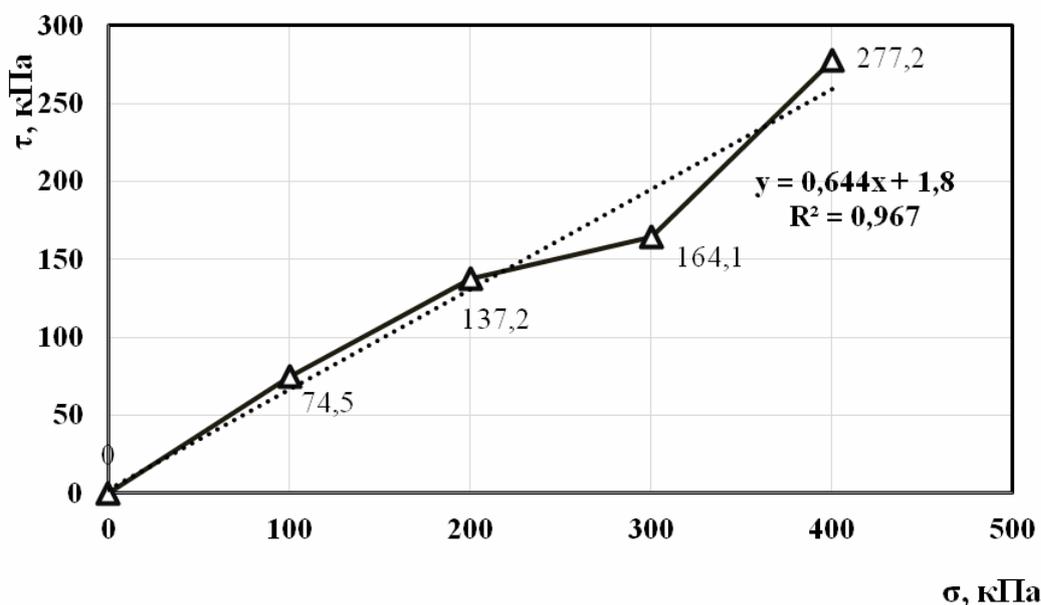


Рис. 2. Зависимость касательных напряжений от нормальных

Согласно [4], график описывается уравнением

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c.$$

Таким образом, анализируя график, получаем значения, представленные в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Прочностные характеристики песчаного грунта средней крупности

	$\varphi$ , град	$C$ , кПа
Песок плотный $e_0=0,56$	42,35	14,56

Анализ табличных данных говорит о сопоставимости полученных результатов с нормативными для песчаного грунта средней крупности.

Одноплоскостной срез проверки свойств грунтов играет важную роль при проведении строительных работ, поскольку дает полную геологическую характеристику участка, на котором предстоит строительство объекта.

---

## Список литературы

1. Болдырев, Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография / Г.Г. Болдырев. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – URL: [http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost\\_25100\\_2011.pdf](http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf). – Дата обращения: 18.01.2020.
3. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. – Дата обращения: 18.01.2020.
4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. – Дата обращения: 18.01.2020.
5. Испытание грунта методом компрессионного сжатия в научно-исследовательской деятельности студентов / Ю.В. Грачева, М.С. Игольников, Д.П. Крюков, И.В. Аненьков // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – №5 (36). – С. 81–88.
6. Прочностные характеристики грунтов в условиях прямого среза по методу ГОСТ 12248 / Ю.В. Грачева, Н.И. Тарасеева, М.С. Хрипунова, А.С. Крылов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – №2 (33). – С. 99–103.
7. Тарасеева, Н.И. Обзор методики применения приборов компрессионного сжатия и одноплоскостного среза в исследовательской деятельности магистрантов / Н.И. Тарасеева, Ю.В. Грачева, А.С. Володин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – №2 (11). – С.67–72.

## References

1. Boldyrev, G.G. Methods for determining the mechanical properties of soils with comments to GOST 12248-2010: monograph / G.G. Boldyrev. – 2nd ed., add. and ispr. – M.: LLC «Prondo», 2014. – 812 p.
2. GOST 25100-2011. Soils. Classification. – URL: [http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost\\_25100\\_2011.pdf](http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf). – Date of application: 18.01.2020.
3. GOST 30416-2012. Soils. Laboratory tests. General provisions. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. – Date of application: 18.01.2020.
4. GOST 12248-2010. Soils. Methods of laboratory determination of strength and deformability characteristics. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. – Date of application: 18.01.2020.
5. Testing of soil by compression compression in the research activities of students / Yu.V. Gracheva, M.S. Igolnikov, D.P. Kryukov, I.V. Annenkov // Education and science in the modern world. Innovation. – 2021. – No.5 (36). – P. 81–88.
6. Strength characteristics of soils in conditions of a direct cut according to the GOST 12248 method / Yu.V. Gracheva, N.I. Taraseeva, M.S. Khripunova, A.S. Krylov // Education and science in the modern world. Innovation. – 2021. – No.2 (33). – P. 99–103.
7. Taraseeva, N.I. Review of the methodology for the use of compression compression and single-plane slice devices in the research activities of undergraduates / N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, A.S. Volodin // Vestnik PGUAS: construction, science and education. – 2020. – №2 (11). – P.67–72.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Ерошкина Надежда Александровна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Технологии строительных материалов  
и деревообработки»  
E-mail: n\_eroshkina@mail.ru

**Коровкин Марк Олимпиевич,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Технологии строительных материалов  
и деревообработки»  
E-mail: m\_korovkin@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Eroshkina Nadezda Aleksandrovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Technology of building materials and  
wood processing»  
E-mail: n\_eroshkina@mail.ru

**Korovkin Mark Olimpievich,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Technology of building materials and  
wood processing»  
E-mail: m\_korovkin@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕОПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА

Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин

Исследовано влияние вида крупного заполнителя на прочность при изгибе, сжатии и на ударную прочность геополимерного бетона. Установлено, что использование менее прочного и более деформативного крупного заполнителя позволяет повысить прочность бетона, что можно объяснить высокой ползучестью этих материалов и релаксацией напряжений в контактной зоне.

*Ключевые слова: геополимерный бетон, прочность, крупный заполнитель, аутогенная усадка, гранит, известняк, бетонный лом*

## THE INFLUENCE OF COARS AGGREGATE MATERIAL FOR STRENGTH CHARACTERISTICS OF GEOPOLYMER CONCRETE

N.A. Eroshkina, M.O. Korovkin

The influence of the type of coarse aggregate material on the strength at bending, compression and impact of coarse aggregate has been investigated. It has been established that the use of a less stronger and more deformable coarse aggregate makes it possible to increase the strength of concrete, which can be explained by the higher creep of these materials and stress relaxation in the contact zone.

*Keywords: geopolymer concrete, strength, coarse aggregate, autogenous shrinkage, granite, limestone, concrete scrap*

Геополимерные вяжущие считаются перспективной альтернативой портландцементу в связи с тем, что производство этих видов вяжущих основано на использовании побочных отходов и продуктов промышленности – шлаков, зол и других материалов алюмосиликатного состава [1, 2]. Одним из основных преимуществ геополимеров является отсутствие в их производстве процессов обжига и декарбонизации сырья, характерных для технологии портландцемента, что позволяет значительно снизить выбросы углекислого газа в атмосферу. При этом геополимерные материалы имеют ряд недостатков, которые не позволяют широко применять их строительстве. К числу таких недостатков относится более высокая, чем у портландцемента, аутогенная усадка [3, 4].

Этот вид усадки не связан с внешним массообменом материала, в отличие от усадки при высушивании. Она обусловлена процессами микроструктурообразования, что подтверждается тем, что аутогенная усадка протекает на этапе быстрого набора прочности геополимерного вяжущего – в интервале от 1 до 15 суток твердения [3, 5]. Причиной более высокой, чем у портландцемента, аутогенной усадки является, по мнению [6], меньший размер пор в геополимерном камне и, соответственно, более высокое капиллярное натяжение. Из-за аутогенной усадки возникают внутренние напряжения и образуются трещины между зернами заполнителя и на их поверхности, что негативно сказывается на прочности и долговечности геополимерного бетона. В качестве методов, снижающих этот вид усадки, используются минеральные добавки, например метакаолин [4], изменяются расход и содержание компонентов в щелочно-силикатном активаторе [8], проводится оптимизация состава двухкомпонентных вяжущих [9, 10], применяются суперадсорбирующие полимеры [11]. Однако эффективность этих методов незначительна, так как они снижают прочность геополимерного бетона, а некоторые при этом значительно повышают его стоимость.

В качестве метода снижения негативного влияния аутогенной усадки на трещинообразование геополимерного бетона в процессе его твердения может быть использовано замещение высокопрочного крупного заполнителя более деформативным заполнителем, способным демпфировать напряжения, возникающие в геополимерном бетоне.

Для оценки эффективности этого метода были изучены составы геополимерного бетона, приготовленного с применением трех видов крупного заполнителя фр. 5-10 мм: дробленого бетонного лома, гранитного и известнякового щебня.

Для получения вяжущего были взяты доменный гранулированный шлак с удельной поверхностью 3800 см<sup>2</sup>/г и измельченный гранит с удельной поверхностью 3500 см<sup>2</sup>/г. В качестве активатора твердения использовались натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 2,54 и плотностью 1,48 г/см<sup>3</sup> и щелочь (NaOH).

Во всех исследованных бетонах соотношение мелкого заполнителя, компонентов вяжущего, активатора твердения и воды было постоянным. В ходе эксперимента изменялось соотношение между крупным заполнителем и растворной составляющей бетона. Это соотношение ( $\alpha$ ) задавалось отношением объема растворной составляющей бетона  $V_{г.т.}$  к объему межзернового пространства крупного заполнителя  $V_{п.к.з.}$  и рассчитывалось по формуле

$$\alpha = V_{г.т.} / V_{п.к.з.}$$

При проектировании составов бетона, которые приведены в таблице, коэффициент  $\alpha$  принимал значения от 1,32 до 1,5. При этом объемная концентрация крупного заполнителя из гранита, известняка и бетонного лома зависела не только от коэффициента  $\alpha$ , но и от соотношения плотности горной породы крупного заполнителя и его насыпной плотности. Из составов, приведенных в таблице, были изготовлены образцы размером 40×40×160 мм, которые после выдержки при нормальной температуре в течение 12 часов твердели при тепловой обработке по режиму: 3 ч – подъем температуры, 12 ч – изотермическая выдержка при 80°С и 6 ч – остывание.

Составы геополимерных бетонов

Компоненты, кг, и характеристики состава	Номер состава											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Гранитный щебень	1257	1227	1199	1172	–	–	–	–	–	–	–	–
Известняковый щебень	–	–	–	–	1106	1080	1055	1032	–	–	–	–
Бетонный лом	–	–	–	–	–	–	–	–	997	973	949	927
Доменный шлак	114	116	118	120	113	116	118	120	119	122	124	126

## О к о н ч а н и е   т а б л и ц ы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Измельченный гранит	266	272	277	282	265	271	276	281	279	285	290	295
Песок	569	581	592	603	567	579	591	601	598	609	620	631
Жидкое натрие- вое стекло	106	109	111	113	106	108	110	112	112	114	116	118
NaOH	9,47	9,67	9,86	10,04	9,44	9,64	9,83	10,01	9,94	10,14	10,32	10,50
Вода	101	103	105	107	101	103	105	107	106	108	110	112
Коэффициент раздвижки зерен	1,32	1,38	1,44	1,5	1,32	1,38	1,44	1,5	1,32	1,38	1,44	1,5
Объемная концентрация крупного заполнителя, %	46,7	45,6	44,5	43,5	46,9	44,7	45,8	43,7	44,1	41,9	43,0	40,9

Были исследованы прочность при изгибе и сжатии, а также прочность при ударном воздействии. Прочность при изгибе определялась как среднее арифметическое испытаний 4 образцов, а прочность при сжатии – 8 образцов. Балочки размером 40×40×160 мм разрезались на 4 образца длиной 38 мм, для которых определялась прочность на копре КИ с массой падающей части 2 кг.

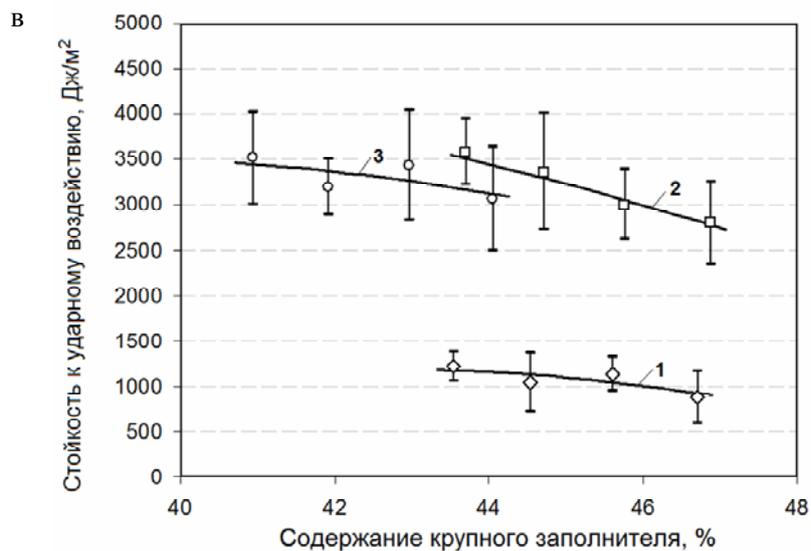
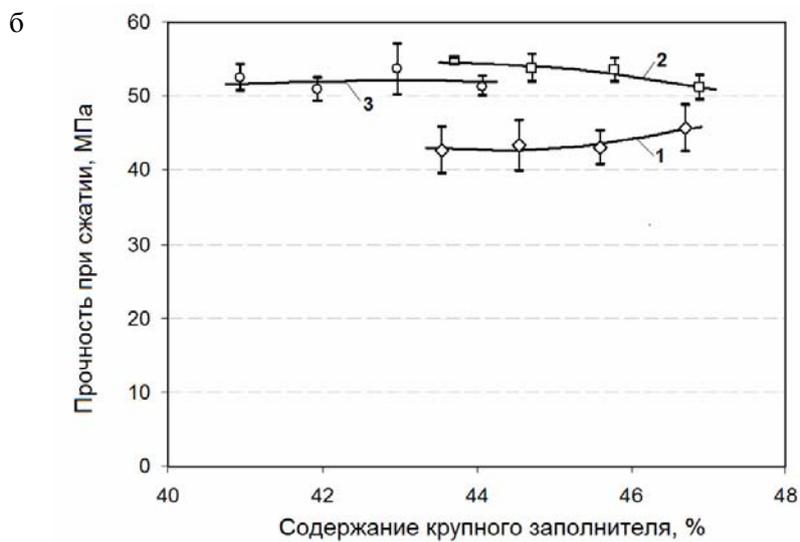
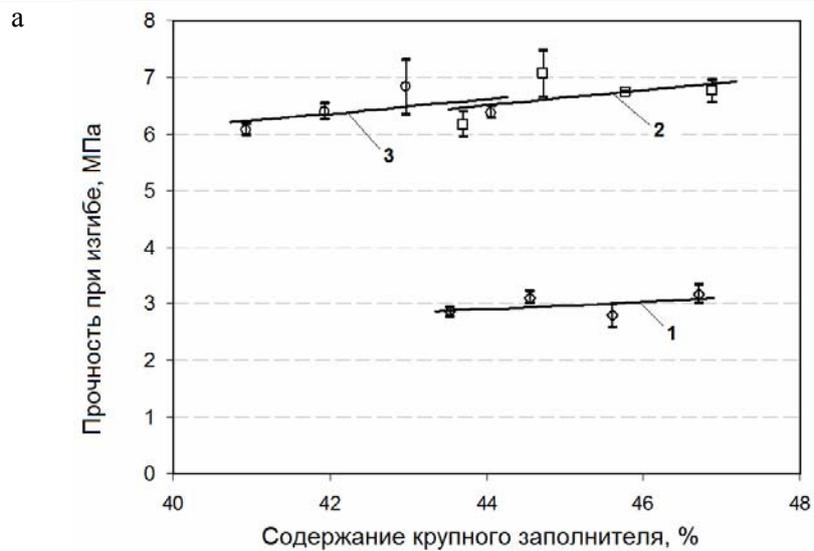
Анализ графических зависимостей прочности при изгибе, сжатии и ударном воздействии от объемного содержания в бетоне крупного заполнителя (см. рисунок) показывает, что эта характеристика состава бетона оказывает влияние на указанные свойства.

Еще большее влияние на прочность оказывают свойства материала крупного заполнителя. Из расчетов видно, что замена известнякового щебня на гранитный, несмотря на то что прочность гранита намного выше прочности известняка и бетонного лома, приводит к снижению прочности при изгибе в 2-2,5 раза, а при ударном воздействии в 2,5-3,5 раза. При этом снижение прочности бетона при сжатии менее значительно – всего 10-30 %. Замена известнякового щебня на крупный заполнитель из бетонного лома не приводит к значительному снижению прочности, несмотря на то что прочность бетонного лома ниже прочности известняка.

На повышение прочности при использовании известняка влияние может оказывать более высокая ползучесть этой горной породы в сравнении с гранитом, о чем свидетельствует высокая ползучесть различных видов бетона, изготовленных с применением известняка. Высокая ползучесть обеспечивает снижение концентраций напряжений в контактной зоне, вызванных усадочными деформациями геополлимерного камня.

**Выводы.** Исследования прочности геополлимерного бетона, приготовленного с использованием гранитного, известнякового щебня, а также заполнителя на основе бетонного лома, показали, что вид заполнителя оказывает значительное влияние на прочностные характеристики.

Установлено, что применение гранитного щебня в сравнении с другими исследованными крупными заполнителями приводит к значительному снижению прочности бетона при изгибе и ударной нагрузке. При этом снижение прочности бетона при сжатии значительно меньше, чем при изгибе и ударном воздействии. Высокую прочность бетона, изготовленного с применением известнякового щебня или бетонного лома, можно объяснить более высокой ползучестью этих материалов и релаксацией напряжений в контактной зоне. Это подтверждается меньшим трещинообразованием геополлимерных бетонов, приготовленных с использованием таких крупных заполнителей в сравнении с гранитным щебнем.



Влияние содержания крупного заполнителя в геополимерном бетоне на прочность при изгибе (а), сжатии (б) и ударном воздействии (в):  
1 – гранит; 2 – известняк; 3 – бетонный лом

---

Установленные особенности влияния вида заполнителя на свойства бетона обосновывают применение известнякового щебня и бетонного лома в качестве крупного заполнителя геополимерного бетона.

### Список литературы

1. Davidovitz, J. Geopolymer. Chemistry and applications / J. Davidovitz. – Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. – 614 p.
2. Ерошкина, Н.А. Ресурсосберегающие технологии геополимерных вяжущих и бетонов на основе отходов добычи и переработки магматических горных пород: моногр. / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 152 с.
3. Ерошкина, Н.А. Влияние параметров состава минерально-щелочного вяжущего на прочность и усадку бетона / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин // Вестник ВолГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 27. – С. 78–83.
4. Li, Z. Effect of metakaolin on the autogenous shrinkage of alkali-activated slag-fly ash paste / Z. Li, X. Liang, Y. Chen, G. Ye // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 278. – 11 p. (122397).
5. Ерошкина, Н.А. Усадка геополимерного вяжущего на различных этапах его структурообразования / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 2(41). – С. 87.
6. Kumarappa, D.B. Autogenous shrinkage of alkali activated slag mortars: Basic mechanisms and mitigation methods / D.B. Kumarappa, S. Peethamparan, M. Ngami // Cement and Concrete Research. – 2018. – Vol. 109. – P. 1–9.
7. Li, Z. Prediction of the autogenous shrinkage and microcracking of alkali-activated slag and fly ash concrete / Z. Li, T. Lu, Y. Chen, B. Wu, G. Ye // Cement and Concrete Composites. – 2021. – Vol. 117. 103913. – doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103913.
8. Ruengsilapanun, K. Mechanical properties, shrinkage, and heat evolution of alkali activated fly ash concrete / K. Ruengsilapanun, T. Udtaranakron, T. Pungern, W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 299. 123954.
9. Alasady, A.M. The Effect of Blast Furnace Slag/Fly Ash Ratio on Setting, Strength, and Shrinkage of Alkali-Activated Pastes and Concretes / A. M. Alasady, A. Kothari, J. Provis, A. Cwirzen // Frontiers in Materials. – February, 2019.
10. Nedeljkovic, M. Setting, Strength, and Autogenous Shrinkage of Alkali-Activated Fly Ash and Slag Pastes: Effect of Slag Content / M. Nedeljkovic, Z. Li, G. Ye // Materials. – 2018. – Vol.11. – 2121.
11. Song, C. Effect of internal curing by superabsorbent polymers–internal relative humidity and autogenous shrinkage of alkali-activated slag mortars / C. Song, Y.C. Choi, S. Choi // Constr. Build. Mater. – 2016. – Vol. 123. – P. 198–206.

### References

1. Davidovitz, J. Geopolymer. Chemistry and applications / J. Davidovitz. – Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. – 614 p.
2. Eroshkina, N.A. Resource-saving technologies of geopolymer binders and concretes based on wastes from mining and processing of magmatic rocks: monograph / N.A. Eroshkina, M.O. Korovkin. – Penza: PGUAS, 2013. – 152 p.
3. Eroshkina, N.A. Influence of the parameters of the composition of the mineral-alkaline binder on the strength and shrinkage of concrete / N.A. Eroshkina, M.O. Korovkin // Bulletin of VolGASU. Series: Building and architecture. – 2012. – № 27. – P. 78–83.
4. Li, Z. Effect of metakaolin on the autogenous shrinkage of alkali-activated slag-fly ash paste / Z. Li, X. Liang, Y. Chen, G. Ye // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 278. – 11 p. (122397).
5. Eroshkina, N.A. Shrinkage of geopolymer binder at different stages of its structure formation / N.A. Eroshkina, M.O. Korovkin // Engineering Journal of Don. – 2016. – № 2(41). – P. 87.

- 
6. Kumarappa, D.B. Autogenous shrinkage of alkali activated slag mortars: Basic mechanisms and mitigation methods / D.B. Kumarappa, S. Peethamparan, M. Ngami // *Cement and Concrete Research*. – 2018. – Vol. 109. – P. 1–9.
  7. Li, Z. Prediction of the autogenous shrinkage and microcracking of alkali-activated slag and fly ash concrete / Z. Li, T. Lu, Y. Chen, B. Wu, G. Ye // *Cement and Concrete Composites*. – 2021. – Vol. 117. 103913. – doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103913.
  8. Ruengsilapanun, K. Mechanical properties, shrinkage, and heat evolution of alkali activated fly ash concrete / K. Ruengsilapanun, T. Udtarakron, T. Pulngern, W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul // *Construction and Building Materials*. – 2021. – Vol. 299. 123954.
  9. Alasady, A.M. The Effect of Blast Furnace Slag/Fly Ash Ratio on Setting, Strength, and Shrinkage of Alkali-Activated Pastes and Concretes / A. M. Alasady, A. Kothari, J. Provis, A. Cwirzen // *Frontiers in Materials*. – February, 2019.
  10. Nedeljkovic, M. Setting, Strength, and Autogenous Shrinkage of Alkali-Activated Fly Ash and Slag Pastes: Effect of Slag Content / M. Nedeljkovic, Z. Li, G. Ye // *Materials*. – 2018. – Vol.11. – 2121.
  11. Song, C. Effect of internal curing by superabsorbent polymers–internal relative humidity and autogenous shrinkage of alkali-activated slag mortars / C. Song, Y.C. Choi, S. Choi // *Constr. Build. Mater.* – 2016. – Vol. 123. – P. 198–206.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, тел.: (843) 510-47-34;

**Кузнецова Галина Васильевна**, старший преподаватель кафедры «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: Kuznetzowa.gal@yandex.ru

**Морозова Нина Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: ninamor@mai.ru

**Лукшина Евгения Дмитриевна**, бакалавр института строительных технологий и инженерно-экологических систем  
E-mail: ourjustin@rambler.ru

**Гараев Адель Рустамович**, бакалавр института строительных технологий и инженерно-экологических систем  
E-mail: adelgaraeb@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, 420043, Kazan, 1, Zelenaya St., tel.: (843) 510-47-34;

**Kuznetsova Galina Vasilyevna**, Senior Lecturer of the department «Technology of Building Materials, Products and Structures»  
E-mail: Kuznetzowa.gal@yandex.ru

**Morozova Nina Nikolaevna**, Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Technology of Building Materials, Products and Structures»  
E-mail: ninamor@mai.ru

**Lukshina Evgeniya Dmitrievna**, Bachelor of the Institute of Construction Technologies and Environmental Engineering Systems  
E-mail: ourjustin@rambler.ru

**Garaev Adel Rustamovich**, Bachelor of the Institute of Construction Technologies and Environmental Engineering Systems  
E-mail: adelgaraeb@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИГМЕНТА И КОЛИЧЕСТВА ВЯЖУЩЕГО НА СВОЙСТВА ЦВЕТНЫХ СИЛИКАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Г.В. Кузнецова, Н.Н. Морозова, Е.Д. Лукшина, А.Р. Гараев

Приведены результаты исследования реологических свойств формовочных смесей для приготовления цветного кирпича с содержанием вяжущего 20 %, 25 % и 33 %, при этом количество пигмента варьировалось от 1 до 3 %. Установлено, что смеси с минимальным количеством вяжущего при увеличении пигмента показывают прирост прочности сырца. Однако сырцовая прочность образцов из смеси с содержанием вяжущего 20 % недостаточна для производства цветного лицевого кирпича. Смеси с содержанием вяжущего 33 % превышают требуемые прочностные показатели в 2 раза, что неэкономично. Оптимальным является состав с вяжущим в количестве 25 %, который обеспечивает требуемые показатели качества цветных силикатных изделий.

*Ключевые слова: формовочная смесь, активность, пигмент, кирпич, прочность*

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PIGMENT AND THE AMOUNT OF BINDER ON THE PROPERTIES OF COLORED SILICATE PRODUCTS OF AUTOCLAVE HARDENING

G.V. Kuznetsova, N.N. Morozova, E.D. Lukshina, A.R. Garaev

The results of a study of the rheological properties of molding mixtures for production of colored bricks with a binder content of 20 %, 25 % and 33 %, while the amount of pigment varied from 1 to 3 %. It was found that mixtures with a minimum amount of binder with an increase of pigment shows an increase in the strength of the raw material. However, the raw strength of the samples from a mixture with a binder content of 20 % is insufficient for the production of colored face bricks. Mixtures with a binder content of 33 % exceed the required strength indicators by 2 times, which is

not economical. The optimal composition is with a binder in the amount of 25 %, which provides the required quality indicators of non-ferrous silicate products.

*Keywords: mixture, activity, pigment, brick, strength*

В технологии получения цветного кирпича преобладает технология окрашивания гашеной смеси, как наиболее технологичный способ [1, 2]. Формовочную массу для силикатного кирпича готовят из известково-кремнеземистого вяжущего, песка и воды [3]. Производители стараются использовать смесь с меньшим содержанием извести или активных  $\text{CaO}+\text{MgO}$ , чем при производстве цветного неокрашенного кирпича. Сложившаяся практика основана на экономии пигментов при окрашивании вяжущего белого цвета [4]. В связи с этим нами проведено исследование влияния количества вяжущего и пигмента на реологические свойства формовочной смеси.

Для исследования использовали негашёную известь с активностью 60 %, песок с модулем крупности  $M_{кр}=1,3$  и известково-кремнеземистое вяжущее состава «известь: песок = 1:1» активностью  $A_{вяж}=28\%$ . Пигмент использовали желтый марки Ж1 ГОСТ 18172-80 производства ООО «Ярославский пигмент», г. Ярославль.

Для исследования готовили составы с содержанием активных  $\text{CaO}+\text{MgO}$  в смеси ( $A_{см}$ ), равных  $A_{см}=A_{вяж}/n$ , где  $n=3, 4$  и  $5$ . Количество вяжущего в смеси составляло 33 %, 25 % и 20 % [5].

После приготовления силикатной смеси были проведены микроскопические исследования с 500-кратным увеличением. Результаты представлены на рис.1–3.



Рис. 1. Смесь с содержанием вяжущего 20 %



Рис. 2. Смесь с содержанием вяжущего 25 %



Рис. 3. Смесь с содержанием вяжущего 33 %

Как видно из рис.1–3, структура смеси меняется в зависимости от количества вяжущего.

По данным Л.М. Хавкина [6], прочность сырца при съеме с пресса должна составлять 0,35–0,5 МПа при содержании 18–19 % вяжущего. При производстве лицевого кирпича возрастают и требования к прочности сырца [7]. Из результатов наших ранее проведенных исследований [8] известно, что введение желтого пигмента в силикатную

смесь целесообразно в пределах от 0,5 % до 3 %, красного – от 0,2 % до 2 %, а хромоксидного – от 1 % до 3 %. Поэтому в настоящих исследованиях был выбран диапазон пигмента в количестве от 1 % до 3 %. Пигмент вводили после гашения смеси. Результаты оценки активности силикатной смеси представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Влияние количества пигмента на активность смеси

Количество вяжущего в смеси, %	Активность смеси, %			
	Количество пигмента, %			
	0	1	2	3
20	5,6	5,6	5,6	5,3
25	7,3	7,2	7,0	6,9
33	9,3	9,2	8,7	8,7

Как показывают данные табл. 1, активность смеси уменьшается до 5 % в смеси с 20 % и 25 % вяжущего, и на 6,5 % уменьшается в смеси с 33 % вяжущего.

Из смесей, описанных в табл. 1, были изготовлены методом прессования образцы-цилиндры размером 60×60 мм. Усилие прессования составило 20МПа. Изготовлено две серии образцов: на одной серии образцов в течение 0,5 часа определена прочность сырца, а вторая серия образцов через одни сутки подвергнута автоклавной обработке (ТВО). Образцы отправлены на ТВО в промышленный автоклав при давлении 0,9МПа. Полученные данные по прочности сырца ( $R^{сыр}$ ) приведены в табл. 2, а по прочности образцов после автоклавной обработки – в табл. 3.

Т а б л и ц а 2

Влияние количества пигмента на прочность сырца

Количество пигмента в смеси, %	Свойства смеси при расходе вяжущего, %					
	33		25		20	
	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа
0	9,3	1,0	7,3	0,56	5,6	0,33
1	9,2	1,0	7,2	0,58	5,6	0,36
2	8,7	1,0	7,0	0,65	5,6	0,42
3	8,7	1,15	6,9	0,67	5,3	0,47
Прирост прочности		<b>+15 %</b>		<b>+19 %</b>		<b>+42 %</b>

Т а б л и ц а 3

Влияние количества пигмента на прочность после ТВО

Количество пигмента в смеси, %	Свойства смеси при расходе вяжущего, %					
	33		25		20	
	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа	$A_{см}$ , %	$R^{сыр}$ , МПа
0	9,3	32,2	7,3	24,7	5,6	18,3
1	9,2	32,0	7,2	21,9	5,6	17,0
2	8,7	33,2	7,0	23,4	5,6	18,0
3	8,7	34,4	6,9	27,0	5,3	19,3
Прирост прочности		<b>+6,8 %</b>		<b>+9,3 %</b>		<b>+5,4 %</b>

Как видно из полученных результатов (табл. 2), увеличение количества пигмента, а вместе с ним и количества мелкодисперсной фазы смеси приводит к росту прочности сырца при всех исследованных количествах вяжущего. Наибольший прирост прочности сырца с увеличением количества пигмента достигается в смеси с минимальным количеством вяжущего (20 %).

Силикатная смесь, содержащая 20 % вяжущего с пигментом в количестве 1–2 %, не обеспечивает требуемую прочность сырца при производстве лицевого кирпича.

Силикатная смесь, содержащая 33 % вяжущего, обеспечивает требования по прочности сырца с двухразовым превышением, что качественно, но неэкономично. Поэтому оптимальной считаем смесь с расходом вяжущего 25 %, которая обеспечивает требуемую прочность сырца при всех исследованных количествах пигмента. Исследованные пигменты обладают реакционной способностью по отношению к кремнезёму вяжущего, так же, как и к известь.

Как показывают полученные результаты (см. табл. 3), все составы смесей обеспечивают прочность не менее 12,5 МПа (М125), что соответствует требованиям к лицевому кирпичу. Смеси с содержанием вяжущего 33 % показывают высокую прочность после автоклавной обработки, что не требуется для кирпича.

Проведены промышленные испытания лицевого цветного кирпича. Содержание вяжущего в смесях с пигментом составляло 20 %, а в белом некрашеном – 25 %. Время автоклавной обработки для белого, желтого, красного и зеленого цветов кирпичей было принято 10 часов, давление изменялось от 0,7 до 0,9 МПа. Для кирпичей с темно-коричневым пигментом было изменено и время автоклавной обработки. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Прочность цветного силикатного кирпича в зависимости от пигмента и режима автоклавной обработки

Цвет пигмента	Количество пигмента, %	Режим автоклавной обработки			Предел прочности при сжатии, МПа
		давление, МПа	температура, °С	время, час	
Белый неокрашенный	-	0,7	169	(2+6+2)10	15,2
		0,8	174	(2+6+2)10	17,1
		0,9	179	(2+6+2)10	21,0
Жёлтый	1,2	0,7	169	(2+6+2)10	15,4
		0,8	174	(2+6+2)10	17,0
		0,9	179	(2+6+2)10	20,0
Красный	1,2	0,7	169	(2+6+2)10	15,0
		0,8	174	(2+6+2)10	17,0
		0,9	179	(2+6+2)10	20,0
Зелёный	1,2	0,7	169	(2+6+2)10	16,0
		0,8	174	(2+6+2)10	18,0
		0,9	179	(2+6+2)10	20,0
Темно-коричневый	2,4	0,8	174	(2+6+2)10	10,0
		0,8	174	(2+9+2)13	15,5
		0,9	179	(2+7+2)11	16,0

Прочность неокрашенного кирпича несколько выше прочности окрашенного кирпича желтого, красного и зелёного цветов. Силикатный кирпич с пигментом темно-коричневого цвета показал снижение прочности, так как количество пигмента, вводимого в смесь, составляет 2,4 %, что привело к уменьшению активности смеси и к снижению прочности. Поэтому считаем, что в случае использования темно-коричневого пигмента требуется увеличение вяжущего с 20 % до 25 %. Удвоенное количество темно-коричневого пигмента было принято из-за невысокой его красящей способности.

Выводы:

1. При производстве цветного лицевого кирпича смеси с содержанием вяжущего 20 % не обеспечивают требуемую сырцовую прочность при расходе пигмента 1–2.

2. Смеси с оптимальным расходом вяжущего – 25 % – обеспечивают требования по сырцовой и автоклавной прочности при расходе пигмента 1–2 %.

3. Смеси с содержанием вяжущего 33 % обеспечивают сырцовую съёмочную и автоклавную прочность выше требуемой в 2 раза.

---

## Список литературы

1. Ильина, В.П. Силикатный кирпич объемного окрашивания с использованием природных красителей Карелии / В.П. Ильина, А.А. Иванов // Строительные материалы. – 2001. – № 8. – С. 36–37.
2. Кузнецов, Л.В. Декоративный силикатный кирпич с добавкой шлама кислородно-конвертерного производства / Л.В. Кузнецов, Т.Н. Меньшакова // Строительные материалы. – 2007. – № 10. – С. 16–18.
3. Кузнецова, Г.В. Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формования силикатного кирпича / Г.В. Кузнецова // Строительные материалы. – 2010. – №9. – С. 20–23.
4. Барановская, Е.И. Влияние состава пигментных материалов на декоративные и физико-механические свойства силикатного кирпича / Е.И. Барановская, Л.С. Ещенко, А.А. Мечай, Р.А. Воронцов, М.В. Чебурахина // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – № 1 (241). – С. 120–125.
5. Кузнецова, Г.В. Влияние пигментов на свойства гашеной силикатной формовочной смеси / Г.В. Кузнецова, В.Г. Хозин // Строительные материалы. – 2012. – № 9. – С. 25–27.
6. Хавкин, Л.М. Технология силикатного кирпича / Л.М. Хавкин. – М.: Эколит, 2011. – 128 с.
7. Кузнецова, Г.В. Способ прессования силикатного кирпича и метод определения его сырьевой прочности / Г.В. Кузнецова // Строительные материалы. – 2015. – № 12. – С. 50–53.
8. Кузнецова, Г.В. Пигменты и объемное окрашивание / Г.В. Кузнецова, Н.Н. Морозова // Строительные материалы. – 2016. – № 12. – С. 14–17.

## References

1. Ilyina, V.P. Silicate brick of volumetric coloring using natural dyes of Karelia / V.P. Ilyina, A.A. Ivanov // Building materials. – 2001. – No. 8. – P. 36–37.
2. Kuznetsov, L.V. Decorative silicate brick with the addition of sludge of oxygen converter production / L.V. Kuznetsov, T.N. Menshakova // Building materials. – 2007. – No. 10. – P. 16–18.
3. Kuznetsova, G.V. Optimization of calculations of lime-sand mixture compositions for forming silicate bricks / G.V. Kuznetsova // Construction Materials. – 2010. – No. 9. – P. 20–23.
4. Baranovskaya, E.I. Influence of the composition of pigment materials on decorative and physico-mechanical properties of silicate bricks / E.I. Baranovskaya, L.S. Eshchenko, A.A. Mechay, R.A. Vorontsov, M.V. Cheburakhina // Works of BSTU. Series 2: Chemical technologies, biotechnology, geocology. – 2021. – No. 1 (241). – P. 120–125.
5. Kuznetsova, G.V. The effect of pigments on the properties of a slaked silicate molding mixture / G.V. Kuznetsova, V.G. Khozin // Building materials. – 2012. – No. 9. – P. 25–27.
6. Khavkin, L.M. Technology of silicate bricks / L.M. Khavkin. – M.: Ekolite, 2011. – 128 p.
7. Kuznetsova, G.V. Method of pressing silicate bricks and method of determining its raw strength / G.V. Kuznetsova // Building materials. – 2015. – No. 12. – P. 50–53.
8. Kuznetsova, G.V. Pigments and volumetric coloring / G.V. Kuznetsova, N.N. Morozova // Building materials. – 2016. – No. 12. – P. 14–17.

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Махамбетова Камажай Нурабуллаевна**,  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

**Шитова Инна Юрьевна**,  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: innalife1@rambler.ru

**Абдуганиев Авазбек Комилжонович**,  
студент  
E-mail: abduganiyev-2021@mail.ru

*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана*

Республика Казахстан, 090009, г. Уральск,  
ул. Жангир хана, д. 52

**Хамзина Баян Елемесовна**,  
доктор PhD, и.о. доцента  
E-mail: bayanh@mail.ru

*Penza State University of Architecture and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Makhambetova Kamagay Nurabullaevna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor  
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

**SHitova Inna YUr'evna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor  
E-mail: innalife1@rambler.ru

**Abduganiev Avazbek Komilzhonovich**,  
student  
E-mail: abduganiyev-2021@mail.ru

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan*

Republic of Kazakhstan, 090009, Uralsk, 52,  
Zhangir Khan St.

**Hamzina Bayan Elemesovna**,  
Doctor PhD, Acting Associate Professor  
E-mail: bayanh@mail.ru

## КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ И ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМ ГИДРОФОБИЗАТОРОМ

К.Н. Махамбетова, И.Ю. Шитова, А.К. Абдуганиев, Б.Е. Хамзина

Представлены результаты исследования влияния металлоорганического гидрофобизатора – стеарата цинка – на кинетику набора прочности при сжатии и кинетику водопоглощения цементного камня и цементно-песчаного раствора. Проведенные исследования показали высокую эффективность стеарата цинка в качестве гидрофобизирующей добавки в цементных системах. Гидрофобизирующий эффект зависит от продолжительности насыщения образцов водой. Наибольшие значения этого показателя достигаются для цементно-песчаного раствора через 15–20 минут насыщения, а для цементного камня – через 6–7 часов. С течением времени гидрофобизирующий эффект значительно снижается, но остается достаточно высоким – для цементного камня составляет 2,1, а для цементно-песчаного раствора – 1,4. Нормативная прочность цементно-песчаного раствора, модифицированного стеаратом цинка, незначительно уступает прочности цементно-песчаного раствора без добавок.

*Ключевые слова: портландцемент, кварцевый песок, цементный камень, цементно-песчаный раствор, металлоорганический гидрофобизатор, прочность при сжатии, водопоглощение, гидрофобизирующий эффект*

## KINETICS OF HARDENING AND WATER ABSORPTION OF CEMENT SYSTEMS MODIFIED WITH AN ORGANOMETALLIC HYDROPHOBIZER

K.N. Makhambetova, I. Yu Shitova, A.K. Abduganiyev, B.Ye. Khamzina

The article presents the results of a study of the effect of a metal-mechanical hydrophobizer – zinc stearate on the kinetics of compressive strength gain and the kinetics of water absorption of cement stone and cement-sand mortar. The studies have shown high efficiency of zinc stearate as a hydrophobic additive in cement systems. The hydrophobic effect depends on the duration of

saturation of the samples with water. The highest values of this indicator are achieved for cement-sand mortar after 15-20 minutes of saturation, and for cement stone after 6-7 hours. Over time, the hydrophobizing effect decreases significantly, but remains rather high – for cement stone it is 2.1, and for cement-sand mortar – 1.4. The normative strength of cement-sand mortar modified with zinc stearate is slightly inferior to the strength of cement-sand mortar without additives.

*Keywords: portland cement, quartz sand, cement stone, cement-sand mortar, organometallic hydrophobizer, compressive strength, water absorption, hydrophobizing effect*

В процессе эксплуатации зданий и сооружений происходит разрушение наружных слоев материала конструкции под действием различных внешних факторов. Этот процесс является результатом воздействия сложного комплекса агрессивных атмосферных явлений. Наиболее разрушительным является действие влаги, замерзающей в порах конструкции. В успешном решении комплекса вопросов, связанных с созданием сооружений и конструкций высокой долговечности, существенную роль играет гидрофобизация внутренней поверхности пор и капилляров. Особо важна она для повышения стойкости бетона в условиях капиллярного подсоса и испарения растворов солей, а также периодического увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания [1].

Для повышения эффективности строительных материалов на основе цементных вяжущих в современном строительстве широко используются различные органические и неорганические соединения в качестве специальных добавок. Вводимые в определенных количествах – десятых и сотых долей процента по отношению к массе цемента – они существенно влияют на процессы твердения бетонов и растворов, обеспечивают улучшение физико-технических свойств: плотности, водопоглощения, морозостойкости, коррозионной стойкости и других свойств. Среди многочисленных химических добавок, применяемых в технологии строительных материалов и изделий для повышения стойкости к физической и химической коррозии, наибольшее значение имеют соединения гидрофобно-структурирующего действия, придающие затвердевшим составам водоотталкивающие свойства. Они при адсорбировании на поверхностях частичек смеси придают им, благодаря полярности и закономерной ориентации молекул вещества, гидрофобные свойства и резко уменьшают их способность смачиваться водой [1–4].

Ранее проведенными исследованиями [5] было установлено, что из металлоорганических соединений – олеата натрия, стеаратов кальция и цинка, появившихся в последние годы на российском рынке в большом количестве в качестве гидрофобизирующих добавок, наиболее эффективным является стеарат цинка  $(C_{17}H_{35}COO)_2Zn$ . В связи с этим нами были проведены более детальные исследования влияния стеарата цинка на прочность при сжатии и водопоглощение цементных систем при добавлении его в количестве 2 % от массы вяжущего.

На первом этапе исследовано влияние гидрофобизирующей добавки – стеарата цинка – на прочность и водопоглощение цементного камня.

В качестве сырьевых материалов был использован Старооскольский портландцемент марки ПЦ500Д20 с удельной поверхностью  $S_{уд} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Водоцементное отношение у цементных паст составляло 0,24, что соответствовало нормальной густоте цементного теста.

На втором этапе было исследовано влияние стеарата цинка на физико-механические и гигрометрические свойства цементно-песчаного раствора.

В качестве заполнителя использовался кварцевый песок Сурского месторождения с наибольшей крупностью частиц 2,5 мм и модулем крупности  $M_{кр} = 1,54$ . Соотношение цемента и заполнителя (Ц:П) составляло 1:3 при В/Ц=0,55. Для проведения исследования были изготовлены образцы-кубики размерами 20×20×20 мм из цементного камня и цементно-песчаного раствора. Образцы твердели в нормально-влажных условиях, а затем подвергались испытанию на прочность при сжатии в различные сроки твердения. Результаты определения прочности представлены в таблице.

Влияние стеарата цинка на кинетику набора прочности цементного камня и цементно-песчаного раствора в различные сроки испытания

Наименование материала	Вид добавки	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте				
		1 сут	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
Цементный камень	без добавки	52,5	71,1	74,9	82,5	106,5
	стеарат цинка 2 %	45,7	67,6	70,2	79,4	96,1
Цементно-песчаный раствор	без добавки	12,0	17,0	18,5	20,0	23,2
	стеарат цинка 2 %	9,7	14,6	18,3	21,5	22,0

Как следует из данных, приведенных в таблице, введение стеарата цинка в растворы, изготовленные с использованием добавочного цемента, замедляет набор прочности цементного камня и цементно-песчаного раствора во все сроки испытаний. Наибольшее снижение прочности отмечено в ранние сроки твердения. Через 1 сутки твердения прочность цементного камня с добавкой составляет 54 % от прочности контрольных составов, а прочность раствора с добавкой – 78 %. С увеличением времени твердения разрыв между прочностью состава с добавкой стеарата цинка и контрольным составом снижается и составляет через 28 суток всего 10–13 %. Вероятно, что при сохранении экспоненциального характера кинетики набора прочности в исследуемых составах в более поздние сроки негативное влияние исследуемой добавки будет еще ниже или вообще исчезнет.

Таким образом, можно считать, что нормативная прочность цементно-песчаного раствора, модифицированного стеаратом цинка, незначительно уступает прочности цементно-песчаного раствора без добавок.

Водопоглощение цементно-песчаного раствора определялось по методике [6]. Насыщение образцов осуществлялось после 28 суток твердения в нормально-влажных условиях и высушивания при температуре 105 °С с последующим хранением в воде и контролем массы образцов до выхода на стабилизированное значение массопоглощения.

Результаты исследований по водопоглощению представлены на рис. 1. Для количественной оценки гидрофобизирующего эффекта от введения добавки использовалось отношение  $W_n/W_r$ , где  $W_n$  и  $W_r$  – водопоглощение образцов из контрольного бездобавочного состава и водопоглощение с гидрофобизирующей добавкой соответственно. Зависимости этого показателя от времени для цементного камня и цементно-песчаного раствора приведены на рис. 2.

Как видно из графиков на рис. 1 и рис. 2, введение стеарата цинка обеспечивает значительное снижение водопоглощения цементного камня и цементно-песчаного раствора. Гидрофобизирующий эффект  $W_n/W_r$  зависит от продолжительности насыщения образцов водой. Наибольшие значения этого показателя достигаются для раствора – через 15–20 минут насыщения, для цементного камня – через 6–7 часов насыщения. С течением времени гидрофобизирующий эффект значительно снижается, но все же остается достаточно высоким – для цементного камня отношение  $W_n/W_r$  составляет 2,1, а для цементно-песчаного раствора – 1,4.

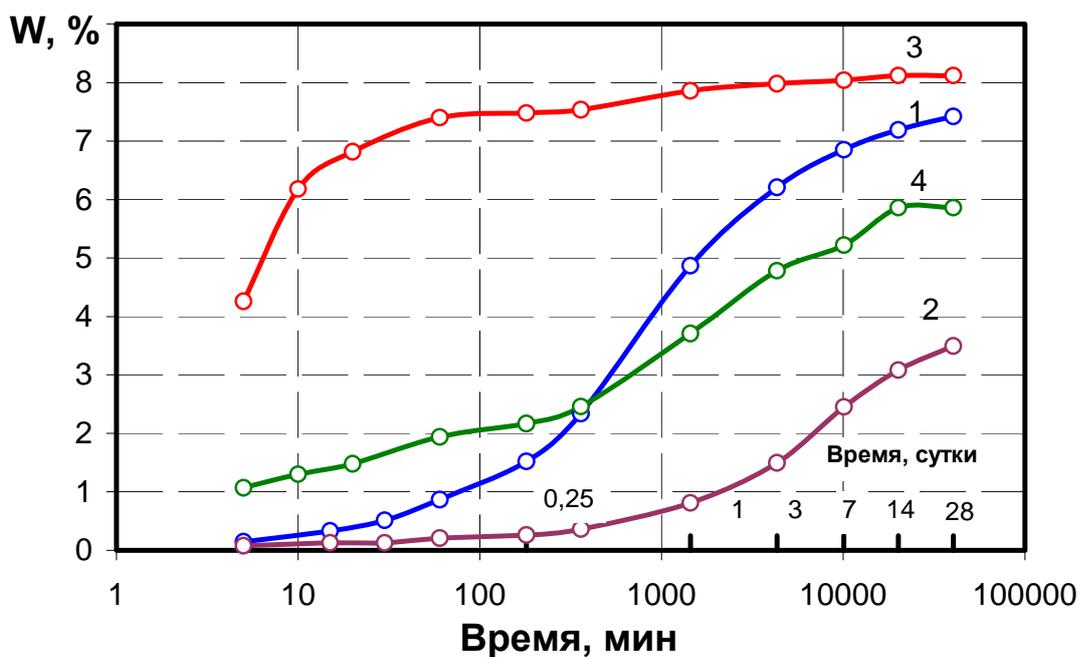


Рис. 1. Влияние стеарата цинка на кинетику водопоглощения цементного камня (1 и 2) и цементно-песчаного раствора (3 и 4):  
 1 и 3 – контрольные бездобавочные составы;  
 2 и 4 – составы с гидрофобизирующей добавкой стеарата цинка

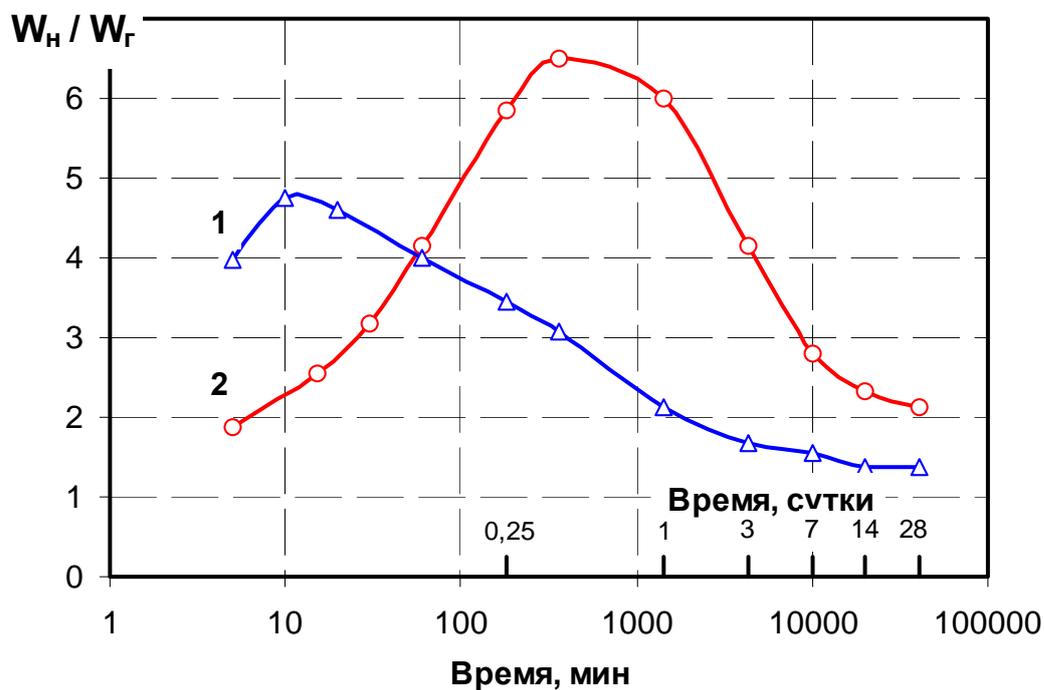


Рис. 2. Зависимость гидрофобизирующего эффекта  $W_n/W_r$  от времени насыщения водой:  
 1 – цементно-песчаный раствор; 2 – цементный камень

**Выводы:**

1. Проведенные исследования показали высокую эффективность стеарата цинка в качестве гидрофобизирующей добавки. Значение гидрофобизирующего эффекта с течением времени изменяется.

---

2. В цементно-песчаном растворе отношение  $W_{н}/W_{г}$  после 15–20 минут насыщения водой достигает максимума, а в дальнейшем снижается. В цементном камне этот показатель за первые 6–7 часов достигает максимума, но затем снижается до начального уровня.

3. Эти закономерности связаны, вероятно, с различной структурой пор и, соответственно, с различной степенью коагуляции пор гидрофобизатором.

### Список литературы

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.

2. Гершберг, О.А. Технология бетонных и железобетонных изделий / О.А. Гершберг. – Изд. второе, перераб. и допол. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. – 327с.

3. Руководство по применению химических добавок в бетоне. – М.: Стройиздат, 1985. – 64 с.

4. Добролюбов, В.Г. Прогнозирование долговечности бетона с добавками / В.Г. Добролюбов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1983. – 212 с.

5. Калашников, В.И. Исследование эффективности в портландцементных растворах гидрофобизаторов на основе солей олеиновой и стеариновой кислот / В.И. Калашников, К.Н. Махамбетова [и др.] // Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов. Часть 1. Материалы Международной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2004. – С.250–254.

6. ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Методы определения водопоглощения.

7. ГОСТ 28013-98. Растворы строительные. Общие технические условия.

### References

1. Batrakov, V.G. Modified concretes. Theory and practice / V.G. Batrakov. – M.: Technoproject, 1998. – 768 p.

2. Gershberg, O.A. Technology of concrete and reinforced concrete products / O.A. Gershberg. – Second edition, revised and supplemented. – M.: Publishing House of literature on construction, 1965. – 327 p.

3. Guidelines for the use of chemical additives in concrete. – M.: Stroyizdat, 1985. – 64 p.

4. Dobrolyubov, V.G. Forecasting the durability of concrete with additives / V.G. Dobrolyubov, V.B. Ratinov, T.I. Rosenberg. – M.: Stroyizdat, 1983. – 212 p.

5. Kalashnikov, V.I. Investigation of the effectiveness of Portland cement solutions of hydrophobizers based on oleic and stearic acid salts / V.I. Kalashnikov, K.N. Makhambetova [etc.] // Actual problems of construction and road complexes. Part 1. Materials of the International Scientific and Practical Conference. – Yoshkar-Ola, 2004. – P. 250–254.

6. GOST 12730.3-78. Concrete. Methods for determining water absorption.

7. GOST 28013-98. Construction solutions. General technical conditions.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Хвастунов Виктор Леонтьевич**,  
доктор технических наук, профессор  
E-mail: techbeton@pguas.ru

**Махамбетова Камажай Нурабуллаевна**,  
кандидат технических наук, доцент  
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

**Пузырев Олег Вадимович**,  
студент  
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Khvastunov Victor Leontievich**,  
Doctor of Sciences, Professor  
E-mail: techbeton@pguas.ru

**Makhambetova Kamagay Nurabullaevna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor  
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

**Puzyrev Oleg Badimovich**,  
student  
E-mail: E-mail: techbeton@pguas.ru

## КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНОШЛАКОВЫХ ВЯЖУЩИХ И МЕСТНОГО СЫРЬЯ

В.Л. Хвастунов, К.Н. Махамбетова, О.В. Пузырев

Представлены результаты исследования по изучению поведения минеральношлаковых материалов на основе местного сырья в различных агрессивных средах. Установлено, что глиношлаковые материалы обладают необходимыми прочностными и деформационными характеристиками и могут быть использованы для изготовления конструкционных и стеновых материалов, эксплуатирующихся в щелочных средах и во влажных условиях.

*Ключевые слова: глиношлаковые строительные материалы, коррозионная стойкость, молотый доменный шлак, глина, щелочной активизатор*

## CORROSION RESISTANCE OF BUILDING MATERIALS ON THE BASIS OF MINERAL SLAG BINDERS AND LOCAL RAW MATERIALS

V.L. Khvastunov, K.N. Makhambetova, O.V. Puzyrev

The article presents the results of behavior of mineral slag materials on the basis of local raw materials in various aggressive environments. It is established that clay-slag materials have the necessary strength and deformation characteristics and can be used for the manufacture of structural and wall materials used in alkaline environments and in humid conditions.

*Keywords: clay-slag building materials, corrosion resistance, ground blast furnace slag, clay, alkaline activator*

Промышленность строительных материалов является приоритетной отраслью, определяющей текущее состояние национальной экономики и потенциал её развития, включая строительство и ремонт объектов промышленности, транспортную и инженерную инфраструктуру, строительство в необходимом объеме комфортного и качественного жилья, а также расходы, связанные с реализацией программ развития.

Одной из основных мировых тенденций в развитии промышленности строительных материалов в последние годы является вовлечение отходов и местных сырьевых ресурсов в производство строительных материалов, выпуск новых типов композиционных строительных материалов, повышающих энергоэффективность зданий и

сооружений и их внутреннюю экологичность, снижающих материалоемкость и повышающих надежность и долговечность зданий и сооружений.

В большинстве регионов имеются залежи глин, карбонатов и отходов в виде металлургического шлака, шламов, гальваношламов, нативных растворов, мицелиальных масс, топливных зол, формовочной земли, пыли газоочистки, дисперсных минеральных частиц и т.д. Превращение горных пород в вяжущие материалы малоэнергетическими способами путем химической, механогидрохимической, термической и комплексной активации и катализа является актуальным направлением в строительном материаловедении. Нашими исследованиями [1–7] показано, что безобжиговые глиношлаковые композиции, активизированные щелочесодержащими компонентами, в зависимости от расхода молотого гранулированного доменного шлака имеют прочность от 10 до 60 МПа, модуль упругости от 5 ГПа до 15 ГПа, морозостойкость F100, F200 и более. На основе матрицы с такими характеристиками представляется возможным изготавливать как конструкционные, так и конструкционно-теплоизоляционные материалы и изделия в виде полнотелого и пустотелого кирпича и блоков, тротуарной плитки, бордюрных камней, оснований и покрытий автомобильных дорог, обочин, укрепленного глинистого грунта в качестве фундаментов малоэтажных зданий и т.д.

При применении глиношлаковых материалов возникают вопросы их долговечности при эксплуатации в нормальных условиях, условиях повышенной влажности, воде, кислых и щелочных средах.

Для изучения поведения глиношлаковых материалов в коррозионных средах были проведены экспериментальные исследования прессованных при давлении 15 МПа образцов на основе молотого доменного шлака Липецкого металлургического комбината с удельной поверхностью 3500 см<sup>2</sup>/г, глины Долгоруковского месторождения Пензенской области. Содержание щелочного активизатора составляло 2 % от массы смеси влажностью 12 %.

Изготавливались образцы-призмы с размерами 10×10×50 мм, 20×20×100 мм и образцы-кубы с размерами 30×30×30 мм.

Образцы-балочки после 28-суточного твердения в нормально-влажностных условиях были погружены в три среды: воду, 3 %-й раствор серной кислоты и 3 %-й раствор щёлочи.

После длительного хранения в указанных средах образцы-балочки испытывались на прочность при изгибе с измерением деформации прогиба на специальной установке, схема которой приведена на рис. 1.

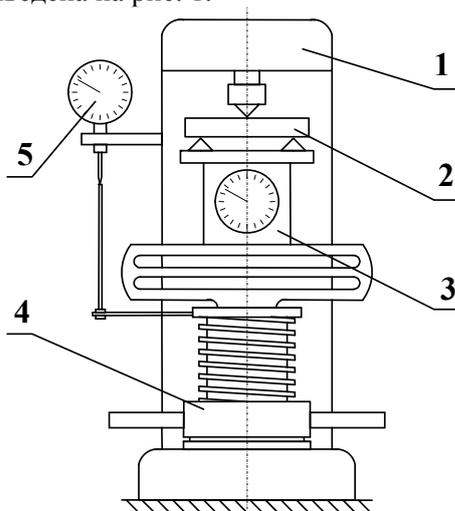


Рис. 1. Схема установки для испытания образцов-балочек на изгиб с определением деформаций прогиба:

1 – станина; 2 – испытуемый образец; 3 – силовое измерительное устройство (образцовые динамометры Токаря с максимальным усилием 100 и 200 кгс для изгиба, 1000 и 3000 кгс для сжатия) 4 – силовой винтовой механизм; 5 – устройство для измерения деформаций с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 и 0,002 мм

Т а б л и ц а 1

Состав и свойства глиношлаковых вяжущих

Состав Г:Ш, % по массе	Свойства глиношлаковых композитов											
	Среда											
	Н.У.			Вода			Кислота			Щелочь		
	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$E_{0,3}$ , МПа	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$E_{0,3}$ , МПа	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$E_{0,3}$ , МПа	$R_{изг}$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$E_{0,3}$ , МПа
80:20	2,3	31,61	25600	4,3	27,75	14228	3,2	17,63	4993	6,3	28,13	17473
60:40	4,5	44,56	19703	7,5	32,75	17825	5,8	32,50	11839	9,5	33,75	15030
40:60	6,4	55,56	20913	9,5	40,00	21477	7,9	37,88	13761	11,8	46,00	16428
20:80	8,9	53,78	19053	12,9	45,25	19969	10,8	40,00	13978	14,6	48,00	22041
0:100	11,8	49,94	21962	15,0	44,00	19107	13,6	35,88	19710	17,0	47,00	20237

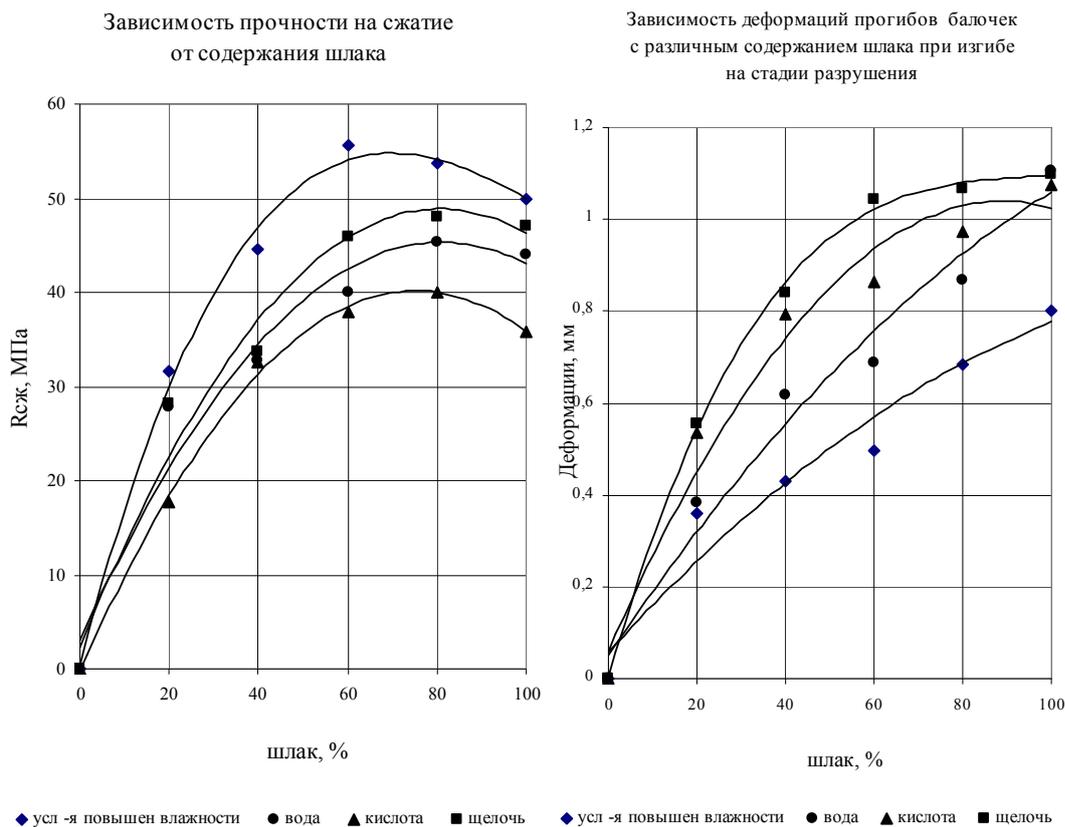


Рис. 2. Прочностные и деформационные зависимости глиношлаковых композитов в зависимости от содержания минерального наполнителя

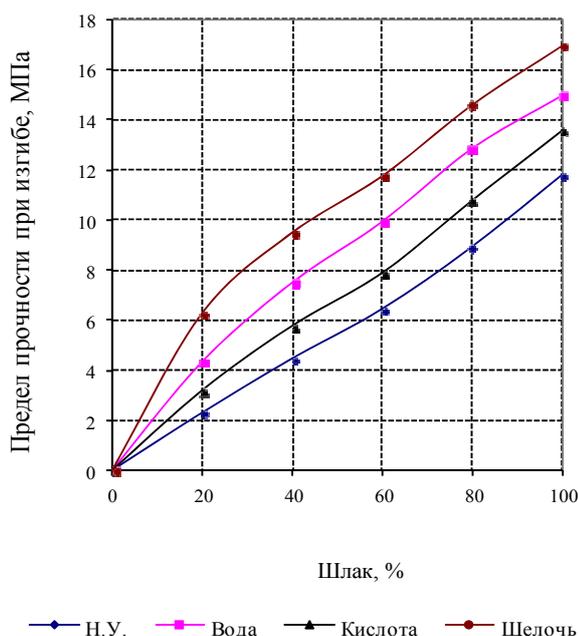


Рис. 3. Зависимость прочности при изгибе минеральношлаковых вяжущих от содержания шлака при хранении их в различных средах

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что глиношлаковые материалы обладают необходимыми прочностными и деформационными характеристиками и могут быть использованы для изготовления конструкционных и стеновых материалов. В условиях воздействия щелочной агрессивной среды они упрочняются, в отличие от материалов, на которые воздействует кислота, и могут быть рекомендованы для изготовления материалов, работающих в условиях воздействия щелочных сред.

Проведенные исследования коррозионной стойкости глиношлаковых вяжущих показали, что они обладают необходимыми характеристиками и могут быть использованы для производства материалов, эксплуатирующихся в щелочных средах и во влажных условиях. Наши дальнейшие исследования в области минеральношлаковых вяжущих позволили разработать составы с различными наполнителями, в качестве которых использованы: карбонатные породы, опока, силицитосодержащие породы. Все эти материалы имеют достаточно высокие эксплуатационные показатели, что дает возможность использовать их в различных областях строительства.

### Список литературы

1. Калашников, В.И. Глиношлаковые строительные материалы: монография / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров, В.Л. Хвастунов, П.Г. Комохов, В.И. Соломатов, В.Я. Марусенцев, В.Л. Тростянский. – Пенза, 2000. – 208 с.
2. Калашников, В.И. Классификация минеральношлаковых вяжущих на основе металлургического производства / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов, Ю.С. Кузнецов [и др.] // Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза, 2004. – С. 109–114.
3. Калашников, В.И. Повышение свойств геополимерных вяжущих на основе местного сырья / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов, В.Ю. Нестеров // Актуальные вопросы строительства: материалы научно-технической конференции. – Саранск, 2004. – С. 115–119.
4. Калашников, В.И. Прочностные и деформационные свойства растворов и бетонов на основе минеральношлаковых вяжущих / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов

---

[и др.] // Актуальные вопросы строительства: материалы научно-технической конференции. – Саранск, 2004. – С. 200–204.

5. Калашников, В.И. Новые геополимерные материалы из горных пород / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов, Ю.С. Кузнецов [и др.] // Стройинфо. – 2005. – №7. – С. 20–24.

6. Хвастунов, В.Л. Безобжиговые малощелочные минеральношлаковые вяжущие и бетоны на их основе / В.Л. Хвастунов, В.И. Калашников, А.В. Хвастунов // Технологии бетонов. – М., 2007. – №1. – С. 8–10.

7. Калашников, В.И. Сравнительная оценка прочностных показателей карбонатношлаковых вяжущих, активизированных различными добавками / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов, Ю.С. Кузнецов, К.Н. Махамбетова, Р.А. Ибрагимов // Международный конгресс науки и инновации в строительстве «Современные проблемы строительного материаловедения и технологии». Т.1. Кн. 1. – Воронеж, 2008. – С. 195–199.

### References

1. Kalashnikov, V.I. Clay-slag building materials: monograph / V.I. Kalashnikov, V.Yu. Nesterov, V.L. Khvastunov, P.G. Komokhov, V.I. Solomatov, V.Ya. Marusentsev, V.L. Trostyansky. – Penza, 2000. – 208 p.

2. Kalashnikov, V.I. Classification of mineral slag binders based on metallurgical production / V.I. Kalashnikov, V.L. Khvastunov, Yu.S. Kuznetsov [etc.] // Ecology and resource- and energy-saving technologies at national economy enterprises: collection of articles of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference. – Penza, 2004. – P. 109–114.

3. Kalashnikov, V.I. Improving the properties of geopolymer binder based on local raw materials / V.I. Kalashnikov, V.L. Khvastunov, V.Yu. Nesterov // Actual issues of construction: materials of the scientific and technical conference. – Saransk, 2004. – P. 115–119.

4. Kalashnikov, V.I. Strength and deformation properties of solutions and concretes based on mineral slag binders / V.I. Kalashnikov, V.L. Khvastunov [etc.] // Actual issues of construction: materials of the scientific and technical conference. – Saransk, 2004. – P. 200–204.

5. Kalashnikov, V.I. New polymer materials from rocks / V.I. Kalashnikov, V.L. Khvastunov, Yu.S. Kuznetsov [etc.] // Stroyinfo. – 2005. – No.7. – P. 20–24.

6. Khvastunov, V.L. Ignite-free low-alkali mineral-slag binders and concretes based on them / V.L. Khvastunov, V.I. Kalashnikov, A.V. Khvastunov // Technologies of concretes. – М., 2007. – No. 1. – P. 8–10.

7. Kalashnikov, V.I. Comparative evaluation of strength parameters of carbonate-slag binders activated by various additives / V.I. Kalashnikov, V.L. Khvastunov, Yu.S. Kuznetsov, K.N. Makhambetova, R.A. Ibragimov // International Congress of Science and Innovation in Construction «Modern problems of Construction Materials Science and Technology». Vol.1, Book 1. – Voronezh, 2008. – P. 195–199.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Шитова Инна Юрьевна**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Технологии строительных материалов  
и деревообработки»  
E-mail: Innalife1@rambler.ru

**Иванцов Роман Александрович**,  
студент,

**Устинов Вадим Витальевич**,  
студент

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Shitova Inna Yurievna**,  
Candidate of technical Sciences, Associate  
Professor of the department «Technologies of  
Building Materials and Woodworking»  
E-mail: Innalife1@rambler.ru

**Ivantsov Roman Aleksandrovich**,  
Student

**Ustinov Vadim Vitalievich**,  
Student

## ОЦЕНКА КЛЕЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ КЛЕЕВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАТА И ПОЛИУРЕТАНА ПРИ СКЛЕИВАНИИ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ

И.Ю. Шитова, Р.А. Иванцов, В.В. Устинов

Приводятся результаты испытаний предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон образцов дуба с использованием синтетических клеев на основе полиакрилата и полиуретана.

*Ключевые слова: древесина, клееные древесные материалы, дуб, склеивание, клей, термодревесина, прочность при скалывании*

## ASSESSMENT OF THE ADHESIVE ABILITY OF SYNTHETIC ADHESIVES BASED ON POLYACRYLATE AND POLYURETHANE WHEN GLUING OAK WOOD SAMPLES

I.Yu. Shitova, R.A. Ivantsov, V.V. Ustinov

The article presents the results of testing the tensile strength of the adhesive joint when chipping along the fibers of oak samples using synthetic adhesives based on polyacrylate and polyurethane.

*Keywords: wood, glued wood materials, oak, gluing, glue, thermal wood, chipping strength*

Древесные клееные материалы известны уже несколько столетий. Их возникновение обусловлено тем, что природный материал – древесину – не могли использовать в необходимом количестве и качестве. По мере увеличения потребностей применения древесины для создания крупногабаритных материалов, изделий и конструкций встал вопрос получения массива качественного сырья на ее основе. Одним из простых путей решения данной проблемы оказалось склеивание древесных фрагментов в монолитный клееный массив. Такую древесину изготавливают в виде заготовок или готовых конструкций склеиванием массивных заготовок из пиломатериалов по толщине, ширине или длине. В настоящее время номенклатура конструкций из клееной массивной древесины весьма разнообразна, ее применяют в виде мебельных щитов, брусков, бруса, а также несущих элементов зданий и различных сооружений [1...3].

Известно, что основной показатель качества клея – его клеящая способность – оценивается показателем предела прочности при скалывании ( $R_{ск}$ ) по клеевому шву на образцах различных форм и из различных древесных материалов [2]. Мы проводили испытания на образцах древесины дуба в соответствии с ГОСТ 16483.5-73\* [4] (рис. 1).

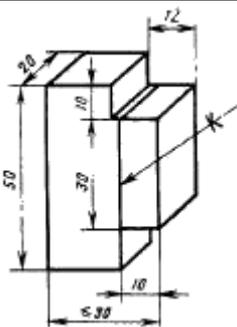


Рис. 1. Опытные образцы древесины дуба

Точность изготовления образцов, подверженных дальнейшим испытаниям, соответствует предъявляемым требованиям ГОСТ 16483.0-89, а влажность – нормативно-технической документации на испытываемую продукцию [5]. Образцы с дефектами склеивания и выраженными пороками древесины (ГОСТ 2140-81) к испытаниям не допускаются [6]. При создании нижнего уступа перерезание клеевого слоя не разрешается. Кроме этого, древесные волокна тщательно удаляются с поверхности слоя клея на уступах.

Образцы склеивают согласно схеме, приведенной на рис. 2. Длина заготовки ( $L$ ) устанавливается в зависимости от требуемого количества образцов для проведения испытаний.

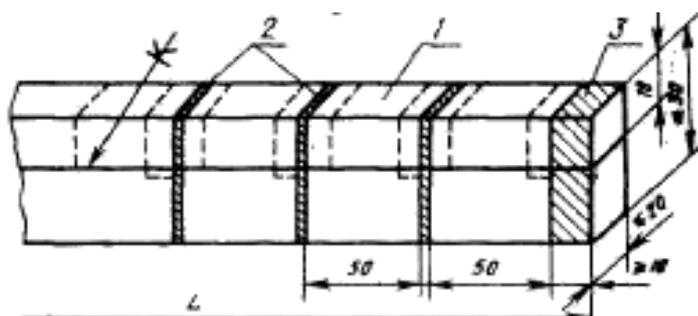


Рис. 2. Схема изготовления образцов:

1 – заготовка для образца, 2 – пропилен, 3 – припуск на обработку

До испытания экспериментальные образцы выдерживают при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)\%$  не менее одних суток после склеивания с нагревом и не менее трех суток после склеивания заготовок без нагрева.

Для установления  $R_{ск}$  применяют испытательную машину (ГОСТ 28840-90) и специальное приспособление к ней [7] (рис. 3).

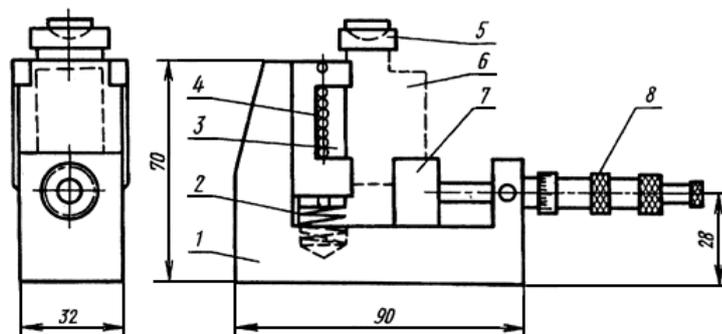


Рис. 3. Приспособление к испытательной машине при определении  $R_{ск}$ :

1 – корпус; 2 – пружина; 3 – подвижная планка; 4 – ролики; 5 – нажимная призма с шаровой опорой; 6 – образец; 7 – подвижная опора; 8 – устройство для прижима подвижной опоры

Предел прочности при скалывании вдоль волокон ( $R_{ск}$ , кгс/см<sup>2</sup>) клеевого соединения вычисляют по формуле

$$R_{ск} = \frac{P_{max}}{b \cdot l},$$

где  $P_{max}$  – максимальная разрушающая нагрузка, кгс;  $b$  – ширина площади скалывания испытуемого образца, см;  $l$  – длина площади скалывания испытуемого образца, см.

Для эксперимента были взяты клееные заготовки из древесины дуба трех видов (рис. 4):

- 1 – обе заготовки из обычной (естественной) древесины дуба;
- 2 – одна из заготовок из обычной древесины дуба, другая из термомодифицированной;
- 3 – обе заготовки из термомодифицированной древесины дуба.



Рис. 4. Заготовки дуба для испытаний

*Протокол склеивания:*

Порода: естественный и термомодифицированный дуб

Наименование клея: клей на основе полиакрилата, клей на основе полиуретана

Режим склеивания:

температура воздуха и склеивания, °С:	20±2
влажность воздуха, %:	75
способ нанесения клея:	двусторонний
продолжительность открытой выдержки, мин:	15
продолжительность закрытой выдержки, мин:	5
продолжительность выдержки под давлением, ч:	24
давление прессования, МПа:	0,5
продолжительность выдержки образцов до испытаний, сут:	1

На рис. 5 представлены результаты испытаний предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон образцов дуба с использованием клея на основе полиакрилата и клея на основе полиуретана.

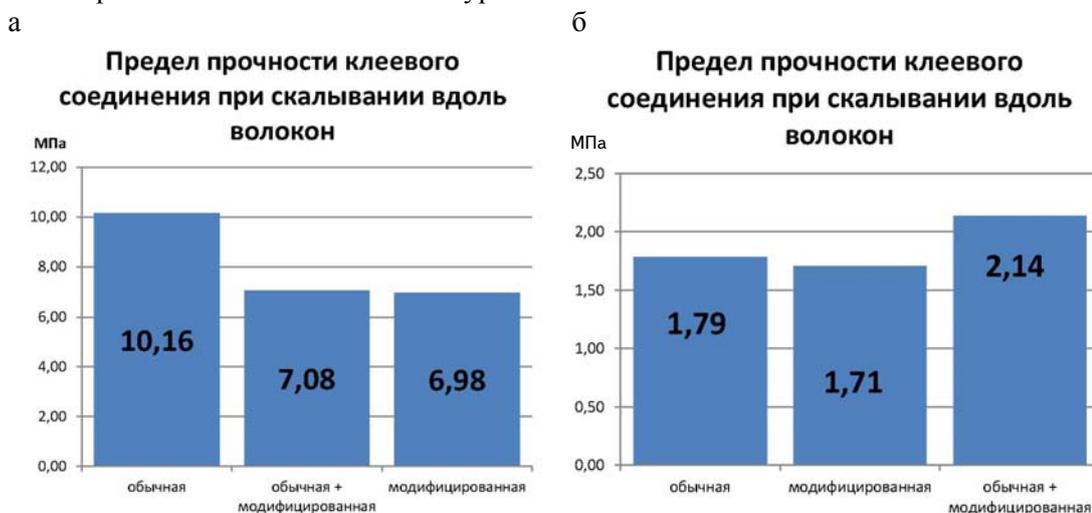


Рис. 5. Результаты испытаний с использованием клея:  
а – на основе полиакрилата; б – на основе полиуретана

#### *Выводы по испытаниям:*

1. Анализ экспериментальных данных, приведенных на рис. 5, показывает, что при использовании клея на основе полиакрилата пределы прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон в разы выше. Наибольшие значения прочности при склеивании этим клеем у обычного дуба, наименьшие – у термомодифицированного. Полиуретановый клей склеивания древесины использовать нецелесообразно, он применим для более гладких поверхностей.

2. Прочность склеивания модифицированной древесины оказалась на 31,3 % ниже прочности склеивания обычной древесины дуба, прочность склеивания обычной древесины с модифицированной на 30,31 % ниже прочности склеивания обычной древесины дуба.

3. Скалывание для обычной древесины происходит по клеевому шву, а для модифицированной древесины частично по древесине, что говорит о том, что прочность древесины дуба выше прочности клеевого соединения, а прочность модифицированного дуба примерно на одном с ним уровне.

4. При склеивании заготовок не имеет значения, оба образца из термодревесины или только один. Прочность примерно одинаковая. Решающим фактором является наличие хотя бы одной поверхности склеивания из термодревесины.

Предел прочности клеевого соединения обычной древесины с модифицированной клея на основе полиакрилата составляет около 7 МПа. Это значение выше предела прочности древесины на скалывание вдоль волокон основных пород нашего региона (рис. 6). Таким образом, данный вид клея можно рекомендовать для склеивания деревянных конструкций.

#### **Прочность на скалывание древесины вдоль волокон**

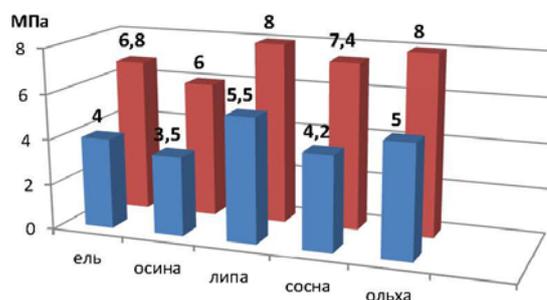


Рис. 6. Прочность на скалывание древесины вдоль волокон различных пород: красный цвет – при 12 %-й влажности; синий цвет – при 30 %-й влажности

5. Анализ данных в ходе испытаний клея ПВА «Берит» при склеивании термодревесины дуба показал, что прочность клеевого соединения составляет 6,6 МПа. Если сравнить клей ПВА и клей на основе полиакрилата, то первый подходит лучше для склеивания обычной древесины, а второй – для склеивания термодревесины.

#### **Список литературы**

1. Волинский, В.Н. Технология клееных материалов / В.Н. Волинский. – Архангельск: Изд-во ун-та, 2003. – 280 с.
2. Кондратьев, В.П. Синтетические клеи для древесных материалов / В.П. Кондратьев, В.И. Кондращенко. – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.
3. Полимерные и связующие материалы в деревообработке / П.А. Кайнов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. – 144 с. – 978-5-7882-1668-3. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/63769.html>

- 
4. ГОСТ 16483.5-73\*. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон.
  5. ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.
  6. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения.
  7. ГОСТ 28840-90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования.

### References

1. Volynsky, V.N. Technology of glued materials / V.N. Volynsky. – Arkhangelsk: Publishing House of the University, 2003. – 280 p.
2. Kondratiev, V.P. Synthetic adhesives for wood materials / V.P. Kondratiev, V.I. Kondrashchenko. – M.: Scientific world, 2004– 520 p.
3. Polymer and binding materials in woodworking / P.A. Kainov [etc.]. – Electron. text data. – Kazan: Kazan National Research Technological University, 2014. – 144 p. – 978-5-7882-1668-3. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/63769.html>
4. GOST 16483.5-73\*. Methods for determining the ultimate strength when chipping along fibers.
5. GOST 16483.0-89. Wood. General requirements for physical and mechanical tests.
6. GOST 2140-81. Visible defects of wood. Classification, terms and definitions, measurement methods.
7. GOST 28840-90. Machines for testing materials for tension, compression and bending. General technical requirements.

---

# СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

## STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT

УДК 005.6(035.3)

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Баукова Наталья Сергеевна,**  
магистрант

E-mail: rabota-penza89@mail.ru

**Максимова Ирина Николаевна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Управление качеством и технология  
строительного производства»

E-mail: maksimovain@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Baukova Natalya Sergeevna,**  
Undergraduate

E-mail: rabota-penza89@mail.ru

**Maksimova Irina Nikolaevna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Management of quality and  
technology of construction production»

E-mail: maksimovain@mail.ru

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ПОСТАВЩИКОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПОДОТРАСЛИ ХИМИЧЕСКОГО И НЕФТЯНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Н.С. Баукова, И.Н. Максимова

Рассмотрены порядок оценки и критерии выбора поставщиков сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий и основные риски, возникающие в процессе управления закупками сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий. Предложен матричный метод описания процесса оценки поставщиков (поставок). Разработаны критерии оценки и выбора поставщиков.

*Ключевые слова: поставщики, закупки, критерии выбора и оценки поставщиков, риски*

### PROCEDURE FOR EVALUATION AND SELECTION OF SUPPLIERS IN THE ORGANIZATION OF CHEMICAL AND PETROLEUM ENGINEERING SECTOR

N.S. Baukova, I.N. Maksimova

The procedure for evaluating and criteria for selecting suppliers of raw materials, materials, components and cooperative products and the main risks arising in the process are discussed. A matrix method for describing the process of evaluating suppliers (supplies) is proposed. Criteria for evaluating and selecting suppliers are stated.

*Keywords: suppliers, purchases, criteria for selection and evaluation of suppliers, risks*

В условиях рыночной экономики правильный выбор контрагентов в области поставок – поставщиков – является одним из важнейших процессов материально-технического снабжения любой организации.

Проблема состоит в том, чтобы выбрать поставщика, отвечающего долгосрочным интересам компании, и организовать взаимовыгодное долгосрочное сотрудничество, поскольку успех компании-покупателя в обеспечении заказчиков качественной продукцией зависит во многом от того, насколько четко поставщики сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий выполняют свои функции. Некоторые исследования показывают, что во многих организациях по крайней мере 50 % проблем, связанных с качеством финального продукта, возникает из-за сырья и материалов несоответствующего качества, которые поставили ненадежные контрагенты [1]. Поэтому выбор «правильного» и надежного поставщика является весьма ответственной задачей, так как от него зависят ритмичность поставок, своевременность выполнения заказа, репутация надежного поставщика крупногабаритного оборудования на рынке. Важность проблемы выбора поставщика материальных ресурсов объясняется не только тем, что на современном рынке функционирует большое количество поставщиков одинаковых товаров, но и тем, что поставщик должен быть надежным и проверенным партнером.

Задачей управления процессом закупки сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий является минимизация возможных рисков [2]. Для ее решения необходимо обеспечить высокий уровень информационного обеспечения процесса, разработать критерии оценки и выбора поставщиков, проводить периодическую оценку их надежности, а также выделить основные подпроцессы процесса закупки сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий и описать их. В совокупности все эти мероприятия позволят минимизировать риски, предотвратить возможные потери и убытки.

Основными рисками в материально-техническом обеспечении производства крупногабаритного оборудования могут быть:

- отказ квалифицированного поставщика выполнить заказ и необходимость поиска другого поставщика;
- задержка заключения договора поставки материалов и комплектующих изделий (КИ);
- задержка представления заявки на материалы;
- задержка оплаты за поставки материалов, КИ;
- необходимость проведения дополнительных испытаний из-за неполноты сертификатных данных;
- задержка в проведении испытаний материалов в центральной заводской лаборатории;
- необходимость проведения доработки материала для доведения его до требований ГОСТ, ТУ;
- оформление актов разрешения на замену материалов;
- поставка некачественного материала.

При выборе и оценке поставщиков сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий организации-покупателю следует учитывать данные о сертификации СМК поставщика, предыдущий опыт сотрудничества, отзывы о его репутации других потребителей, а также результаты анкетирования [3, 4].

Нами сделана попытка разработать основные критерии оценки и выбора поставщика. На наш взгляд, основными из них являются:

- наличие у поставщика сертифицированной системы менеджмента качества;
- возможности поставщика удовлетворять предъявляемые требования: по номенклатуре, по количеству (объему поставок), по качеству;
- соблюдение сроков поставки;
- уровень цен;
- стоимость транспорта;
- таможенные расходы;
- реакция поставщика на запросы организации.

Для организации подотрасли химического и нефтяного машиностроения разработана форма матричного метода описания процесса оценки поставщиков (поставок) (табл. 1).

Матричный метод описания процесса оценки поставщиков (поставок) устанавливает ответственность и четко распределяет роли каждого из участников процесса оценки поставщиков (поставок), что способствует повышению результативности процесса закупки сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий и в целом – работы организации.

Т а б л и ц а 1

Матричный метод описания процесса оценки поставщиков (поставок)

Характеристики для оценки	Специалист по снабжению	ОТК	Разработчик рабочей конструкторской документации	Экономист	Инженер по сварке	Разработчик технологической документации
1. Наличие СМК	●					
2. Возможности поставщика удовлетворять предъявляемые требования:						
а) по номенклатуре	●	□	□		□	□
б) по количеству	●					
в) по качеству	●	□	□		□	□
3. Соблюдение сроков поставки	●					
4. Уровень цен	Δ			●		
5. Стоимость транспорта	●			□		
6. Таможенные расходы	●			□		
7. Реакция поставщика на наши запросы	●	□	□			

Условные обозначения:

● – организует исполнение работ по функции, обобщает результаты работ, несет ответственность за своевременность и качество подготовки решения;

□ – консультирует при подготовке и принятии решения, несет ответственность за качество консультирования;

Δ – получает информацию о принятом решении по функции, несет ответственность за качество решения (в касающейся его части).

Метод позволяет: рационально распределить задачи между участниками процесса оценки поставщиков (поставок), оценить вклад каждого из участников процесса оценки поставщиков (поставок) в конечный результат и предотвратить/минимизировать возникновение рисков в материально-техническом обеспечении производства крупногабаритного оборудования.

Предлагаем следующие критерии оценки и выбора поставщиков (табл. 2), где по каждому критерию установлены баллы.

Выбор поставщиков осуществляется согласно оценкам критериев, приведенных в табл. 2.

## Критерии оценки и выбора поставщиков

Критерии	Баллы
1. Наличие сертифицированной СМК: – предприятие не сертифицировано; – предприятие имеет СМК	1 3
2. Достоверность информации о цене: – данные счетов-фактур соответствуют информации в прайс-листах; – данные счетов-фактур не всегда соответствуют информации в прайс-листах	3 1
3. Соблюдение сроков поставки: – всегда соблюдаются; – соблюдаются не всегда, но при несоблюдении принимаются необходимые меры по согласованию сроков с потребителем; – имеются случаи существенного несогласованного переноса сроков	3 2 0
4. Возможности поставщика удовлетворить предъявляемые требования, в том числе, в отношении специальных характеристик и особо ответственных процессов по номенклатуре: – удовлетворяет не полностью; – удовлетворяет в полном объеме	1 3
5. Возможности поставщика удовлетворить предъявляемые требования, в том числе в отношении специальных характеристик и особо ответственных процессов по качеству поставляемой продукции: – не удовлетворяет; – удовлетворяет не полностью; – удовлетворяет полностью	0 1 3
6. Уровень цен: – не удовлетворяет; – удовлетворяет не полностью; – удовлетворяет полностью	0 1 3
7. Стоимость транспортных расходов: – не удовлетворяет; – удовлетворяет	1 3
8. Желание работать с потребителем по уточнению условий поставки и оплаты: – всегда положительно реагируют на предложения с доведением вопроса до устраивающего обе стороны решения; – имеются организационные трудности при принятии решений; – отсутствует желание	3 2 1
9. Реакция поставщика на претензии потребителя к качеству поставленной продукции: – реагирует позитивно, принимает меры к обоюдоприемлемому решению; – реагирует с нежеланием	3 1

Согласно данным табл. 2 оценка выставляется по шкале от 0 до 3 и означает:

3 – хорошо (отсутствие претензий);

2 – удовлетворительно (наличие отдельных претензий, поставщик принимает необходимые меры по их устранению);

1 – плохо;

0 – отрицательная оценка (наличие претензий или несоответствий, вызывающих риск невыполнения договорных обязательств).

В зависимости от суммы оценочных баллов можно установить степень надежности поставщика (поставки):

А – высокая, сумма баллов более 21 (для поставщика), 18 баллов (для поставок);

Б – средняя, сумма баллов от 14 до 21 (для поставщика), от 12 до 18 баллов (для поставок);

В – низкая, сумма баллов менее 14 (для поставщика), менее 12 баллов (для поставок).

Учитывая важность поставщика в возможности удовлетворить требования, касающиеся качества продукции и соблюдения сроков поставки, поставщику, не имеющему претензий, при ежегодной оценке присваивается повышающий коэффициент  $K=1,1$  по следующим критериям, приведенным в табл. 2:

– пункт 3 «Соблюдение сроков поставки»;

– пункт 5 «Возможность поставщика удовлетворить предъявляемые требования по качеству поставляемой продукции»;

– пункт 9 «Реакция поставщика на претензии потребителя к качеству поставляемой продукции».

Средняя степень надежности всех поставщиков рассчитывается по среднему арифметическому значению оценок (баллов) по шкале, а именно:

$$O_{\text{средн.}} = \frac{\text{Сумма баллов всех поставщиков (поставок)}}{\text{Количество поставщиков (поставок)}}, \text{ баллы.}$$

Средний оценочный балл дает возможность оценить динамику степени надежности всех поставщиков (поставок) организации за отчетные периоды времени.

Заклучение договора с организацией, имеющей высокую категорию надежности, производится без дополнительных проверок и на более мягких условиях, чем с другими организациями. По итогам года проводится анализ работы контрагентов и им может быть присвоена новая категория надежности.

Основные подпроцессы процесса «Закупка сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий» показаны на рисунке.



Блок-схема подпроцессов процесса «Закупка сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий»

На основании сводной ведомости материалов и комплектующих изделий на заказ, полученной от бюро главного конструктора (БГК), и заявок на вспомогательные материалы начальником отдела материально-технического обеспечения (ОМТО) планируются мероприятия для обеспечения производства требуемыми материалами в оговоренные сроки.

Анализ складских остатков проводится начальником ОМТО на каждый новый заказ по данным, предоставляемым старшим кладовщиком ОМТО, ответственным за полноту и достоверность сведений. По результатам анализа определяется наличие и дефицит материалов и КИ по заказу.

---

Материалы и КИ, поступающие на склад организации, подвергаются входному контролю в соответствии с ГОСТ 24297 [5].

Бухгалтерия принимает к оплате подготовленные ОМТО документы после подписания служебной записки на оплату генеральным директором.

Поступающие материалы и КИ принимаются на склады и подвергаются сплошному входному контролю с оформлением заключения о соответствии продукции по результатам входного контроля.

Выдача материалов и КИ в производство осуществляется по требованиям в соответствии с нормами расхода, указанными в ведомости материалов.

Замены материалов и КИ оформляются картой-разрешением на замену материалов или ведомостью материалов, допущенных на входной контроль по заказу.

**Вывод:**

Процесс выбора поставщиков сырья, материалов, комплектующих и кооперированных изделий является достаточно сложным, и при неправильном выборе компания может потерять существующих и потенциальных заказчиков, а следовательно, свои конкурентные преимущества и экономическую выгоду. Совершенствование данного процесса следует рассматривать как фактор повышения ресурсообеспечения организации, а также минимизации рисков.

### Список литературы

1. Макарова, Л.В. Управление процессами систем менеджмента качества: монография / Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2019. – 176 с.
2. Макарова, Л.В. Внешний и внутренний мониторинг систем менеджмента качества / Л.В. Макарова, И.Н. Максимова. – Пенза: ПГУАС, 2018. – 120 с.
3. Гордон, Ш. Семь шагов для оценки деятельности поставщика / Ш. Гордон // Стандарты и качество. – 2011. – № 6. – С. 84–87.
4. Макарова, Л.В. Совершенствование процесса анализа и оценки деятельности поставщика в рамках функционирования систем менеджмента качества / Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов, О.В. Бублинова // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3 (50). – С. 85.
5. ГОСТ 24297-2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. Введ. – 2014-01-01 Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 7 июня 2013 г. № 43).

### References

1. Makarova, L.V. Process management of quality management systems: monograph / L.V. Makarova, R.V. Tarasov. – Penza: PGUAS, 2019. – 176 p.
2. Makarova, L.V. External and internal monitoring of quality management systems / L.V. Makarova, I.N. Maksimova. – Penza: PGUAS, 2018. – 120 p.
3. Gordon, S. Seven steps to assess the performance of the supplier / S. Gordon // Standards and quality. – 2011. – No. 6. – P. 84–87.
4. Makarova, L.V. Improvement of the process of analysis and evaluation of the supplier's activities within the framework of the functioning of quality management systems / L.V. Makarova, R.V. Tarasov, O.V. Bublivenova // Engineering Bulletin of the Don. – 2018. – No. 3 (50). – P. 85.
5. GOST 24297-2013. Verification of purchased products. Organization and methods of control. Introduced – 2014-01-01 by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (protocol of June 7, 2013 No. 43).

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д.1, тел.: (843) 510-47-34;

**Гуляков Евгений Геннадьевич**, магистрант  
E-mail: steepsam17@gmail.com

**Морозова Нина Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: ninamor@mai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ

Россия, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д.10

**Морозов Владислав Вадимович**, бакалавр  
E-mail: vladik-1266@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, 420043, Kazan, 1, Zelenaya St., tel.: (843) 510-47-34;

**Gulyakov Evgeny Gennadievich**, Undergraduate  
E-mail: steepsam17@gmail.com

**Morozova Nina Nikolaevna**, Candidate of Sciences, Associate Professor of the Department «Technology of Building Materials, Products and Structures»  
E-mail: ninamor@mai.ru

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI

Russia, 420111, Kazan, 10, K. Marx St.

**Morozov Vladislav Vadimovich**, Bachelor's degree  
E-mail: vladik-1266@mail.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ

Е.Г. Гуляков, Н.Н. Морозова, В.В. Морозов

Рассмотрена оптимизация производственного процесса изготовления пространственных армокаркасов для блоков колец обделки на основе максимального устранения потерь потока. На примере арматурного цеха завода ЖБИ АО «Казметрострой» показано снижение затрат, повышение производительности труда и улучшение условий работы.

*Ключевые слова:* потери, производственный процесс, бережливое производство, оптимизация

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION PROCESS OF CONSTRUCTION INDUSTRY ENTERPRISES

E.G. Gulyakov, N.N. Morozova, V.V. Morozov

The optimization of the production process of manufacturing spatial armoured frames for blocks of lining rings, based on the maximum elimination of flow losses, is considered. Using the example of the reinforcement shop of the precast concrete plant of Kazmetrostroy JSC, reduction of costs, increase of labor productivity and improvement of working conditions is shown.

*Keywords:* losses, production process, lean production, optimization

Одним из важных социальных проектов современных мегаполисов является транспортная инфраструктура, которая включает в себя наземный и подземный транспорт [1]. Строительство метрополитенов требует организации производства сборных железобетонных блоков обделки тоннеля и других вспомогательных изделий и конструкций. Промышленное производство сборных железобетонных изделий представляет собой сложный процесс превращения искусственных и природных ресурсов, сырья, полуфабрикатов, комплектующих и других предметов труда в готовую продукцию, удовлетворяющую потребностям общества [2].

Производственный процесс включает в себя работы, связанные с заготовкой, переработкой и изготовлением изделий на предприятии. Производственный процесс –

не самопроизвольное действие, а специально организованный поток с учетом технологических норм и правил – должен быть бережливым, рациональным, оптимальным и конкурентоспособным.

В «бережливом производстве» производственный процесс организуется таким образом, чтобы обеспечить оптимальное расположение оборудования и последовательность прохождения через него сырья, материалов и полуфабрикатов с целью минимизации затрат времени и средств на изготовление готовой продукции для данного участка, цеха и завода в целом.

Решение вопроса повышения потенциала производственного процесса предприятий стройиндустрии показано на примере изготовления арматурных каркасов для блоков обделки тоннеля на производственной площадке завода ЖБИ АО «Казметрострой» г. Казани.

Оптимизацию процесса производства данных изделий следует начать с разбора производственного потока по видам выполняемых работ – от приема металлопроката до выдачи готового продукта в формовочный участок в виде пространственного арматурного каркаса. Важным аспектом для этой задачи становится классификация составляющих работ, среди которых выделяются потери.

В любых процессах: от производства строительных материалов до сельского хозяйства или торговли – существуют скрытые потери. Эти потери увеличивают издержки производства, не добавляя потребительской ценности продукции. Из-за потерь в процессах их эффективность может снизиться на 70-80 %. Если не устранять потери, появляется риск утратить конкурентоспособность. Определение и устранение потерь может сохранить миллионы рублей.

Основной целью работы на данном этапе является необходимость минимизировать себестоимость и зарабатывать максимальную прибыль при производстве арматурного каркаса для железобетонных блоков колец обделки.

Для достижения поставленной цели следует выявить все скрытые потери. Устранение потерь представляет собой огромный ресурс повышения эффективности производства, к их числу относят семь важнейших видов потерь. Их предложил Тайити Оно – это потери от перепроизводства, излишнего запаса, ненужной транспортировки, лишнего движения, ожидания, избыточной обработки, переделки/брака [3].

В арматурном цехе завода ЖБИ АО «Казметрострой» были выявлены следующие «узкие» места производства: 1) производственные мощности задействованы в среднем на 39 % – процесс не сбалансирован; 2) производственные мощности изготовления блоков тоннельной обделки марки БОТ-1 задействованы на 50 % – формовочный цех простаивает из-за малой производительности арматурного участка; 3) отсутствуют стандарты по выполнению работ, качеству и технике безопасности на рабочих местах – снижение качества работ, дисциплины работников; 4) технологический процесс простаивает из-за низкого уровня логистики доставки арматурной стали (15 % времени от рабочей смены), ожидания крана, большого объема ручного труда; 5) на рабочих местах отсутствуют маркировка деталей и обозначение зон – повышенный риск травматизма [4]. В результате всего этого были просчитаны целевые показатели процесса (см. таблицу).

Целевые показатели процесса и плановый эффект

Наименование показателя	Текущий показатель	Целевой показатель за		Показатель идеального состояния
		6 мес.	12 мес.	
Время протекания процесса (ВПП), мин	5243	1733	917	366
Незавершенное производство (НЗП), сут	15	5,2	4,2	1,3
Незавершенное производство (НЗП), тн	43	18,5	15	5,1
Выработка, компл/чел.	0,17	0,22	0,24	0,5
Количество работников, чел.	23	23	23	12
Расстояние перемещения металлопроката, комплектующих каркасов, м	1924	1329	920	760

Как видно из таблицы, оптимизация технологического процесса позволяет не только повысить производительность труда, но и снизить количество перемещений в 2,5 раза, что в итоге сокращает расходы электроэнергии.

Проведенный анализ технологического процесса производства пространственных арматурных каркасов и устранение описанных выше потерь привели к переводу производства стандовым способом на поток единичных изделий с применением конвейерной линии.

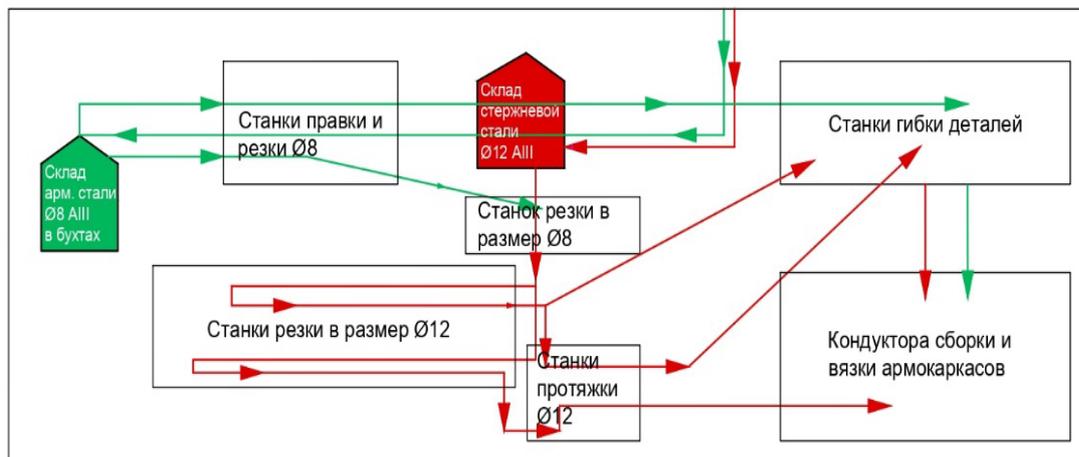


Рис. 1. Схема перемещений до изменений потока

Как видно из рис. 1, излишняя транспортировка при перемещении деталей связана с нерациональным расположением оборудования. Наличие большого времени перемещения и противотоков повышает длительность и травмоопасность производства.

Были выполнены следующие мероприятия: 1) установление станков резки арматурных стержней в направлении потока; 2) размещение промежуточных площадок хранения металлопроката в начале потока; 3) изменение расположения и организации сборки и вязки пространственных арматурных каркасов на кондукторах, перемещаемых от поста к посту, и вместе с этим организация передвижных накопителей на колесах с количеством деталей и заготовок на один комплект армокаркасов.

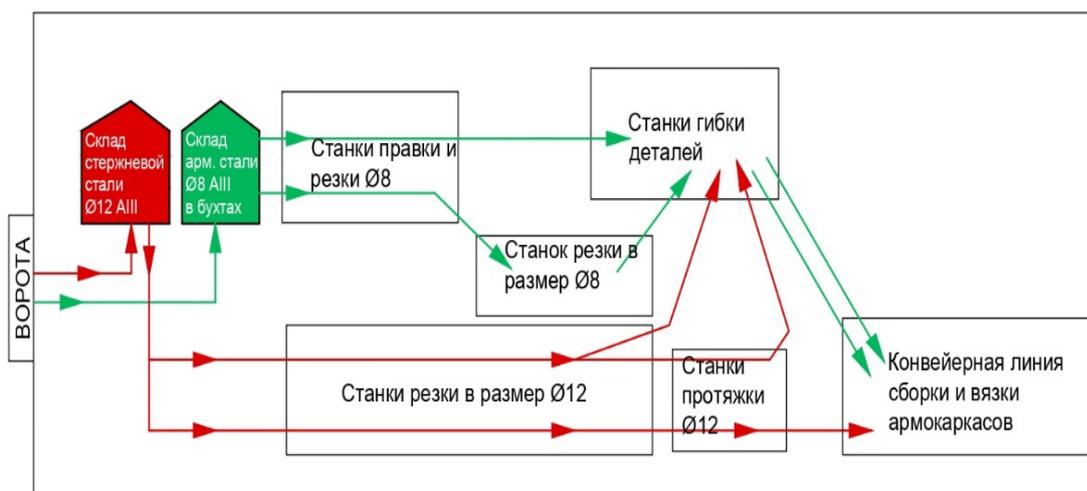


Рис. 2. Предлагаемая схема грузопотока

Как видно из рис. 2, перемонтаж оборудования, произведенный в соответствии с целевой планировкой, способствовал «выпрямлению» потока и повышению удобства и скорости доставки деталей. Только перемонтаж станков позволил сократить перемещение деталей с участка рубки на участок гибки на 73 %. Также достигнуто

снижение непроизводственных затрат на 19 % и сокращение потерь рабочего времени (вынужденных простоев) на 27 %, что ведет к энергосбережению [6].

Таким образом, изменение компоновки участка изготовления пространственных армокаркасов железобетонных блоков отделки тоннелей позволило снизить затраты на производство и улучшить условия труда рабочих.

### Список литературы

1. Абрамкин, С.А. Перспективы развития транспортной инфраструктуры Казани до 2040 года / С.А. Абрамкин, И.Н. Юсупова // Техника и технология транспорта. – 2019. – № 4 (15). – С. 16.
2. Производство строительных материалов и конструкций. – URL: <http://казметрострой.рф/proizvodstvo-stroitelnykh-materialov-i-konstruktsiy>
3. Минина, Ю.А. Становление бережливого производства в «toyota» / Ю.А. Минина, М.В. Бугаева // Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2016. – С. 148–152.
4. Гуляков, Е.Г. Ранжирование и повышение эффективности технологического процесса изготовления армокаркасов для блоков отделки метрополитенов / Е.Г. Гуляков, Н.Н. Морозова, Н.М. Хорев // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XV Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова / под общ. ред. М.О. Коровкина и Н.А. Ерошкиной. – Пенза, 2020. – С. 11–16.
5. Огарков, А.Н. Организация производства на основе японского опыта – lean production (бережливое производство) / А.Н. Огарков // Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты: материалы Международной научно-практической конференции: в 11 частях. – Тамбов, 2014. – С. 105–106.
6. Хуснутдинов, Д.А. Энергосбережение при реконструкции арматурных цехов старых заводов сборного железобетона / Д.А. Хуснутдинов, Е.Г. Гуляков, Н.Н. Морозова // Научный журнал. – 2020. – № 9 (54). – С. 12–14.

### References

1. Abramkin, S.A. Prospects for the development of the transport infrastructure of Kazan until 2040 / S.A. Abramkin, I.N. Yusupova // Technique and technology of transport. – 2019. – No. 4 (15). – P. 16.
2. Production of building materials and structures. – URL: <http://казметрострой.рф/proizvodstvo-stroitelnykh-materialov-i-konstruktsiy>
3. Minina, Yu.A. The formation of lean production in toyota / Yu.A. Minina, M.V. Bugaeva // collection of articles of the international scientific and practical conference. – Ufa, 2016. – P. 148–152.
4. Gulyakov, E.G. Ranking and improving the efficiency of the technological process of manufacturing armoured frames for subway lining blocks / E.G. Gulyakov, N.N. Morozova, N.M. Khorev // Theory and practice of improving the efficiency of building materials: materials of the XV International Scientific and Technical Conference of Young Scientists dedicated to the memory of Professor V.I. Kalashnikov / under the general editorship of M.O. Korovkin and N.A. Eroshkina. – Penza, 2020. – P. 11–16.
5. Ogarkov, A.N. Organization of production based on Japanese experience – lean production (lean production) / A.N. Ogarkov // Questions of education and science: theoretical and methodological aspects: materials of the International Scientific and Practical Conference: in 11 parts. – Tambov, 2014. – P. 105–106.
6. Khusnutdinov, D.A. Energy saving during the reconstruction of reinforcement shops of old precast concrete plants / D.A. Khusnutdinov, E.G. Gulyakov, N.N. Morozova // Scientific Journal. – 2020. – No. 9 (54). – P. 12–14.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Логанина Валентина Ивановна**,  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: loganin@mai.ru

**Зайцева Мария Владимировна**,  
аспирант кафедры «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: zajc@yandex.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Loganina Valentina Ivanovna**,  
Doctor of Sciences, Professor,  
Head of the department «Quality Management  
and Construction Technologies»  
E-mail: loganin@mai.ru

**Zaytseva Maria Vladimirovna**,  
Postgraduate student of the department «Quality  
Management and Construction Technologies»  
E-mail: zajc@yandex.ru

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ К ОТСЛАИВАНИЮ ОТДЕЛОЧНОГО СЛОЯ С УЧЕТОМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

В.И. Логанина, М.В. Зайцева

Проанализирована обеспеченность стойкости к отслаиванию отделочного слоя на основе известкового состава с добавкой полисиликатного раствора. Установлено, что введение в рецептуру известковой смеси добавки полисиликатного раствора способствует повышению прочности сцепления отделочного слоя. Выявлено, что изменчивость вариативного ряда прочности сцепления незначительна.

*Ключевые слова: известковые составы, полисиликатный раствор, прочность сцепления, вариативность, обеспеченность стойкости к отслаиванию*

## ENSURING FINISHING LAYER PEELING RESISTANCE TAKING INTO ACCOUNT THE VARIABILITY OF QUALITY INDICATORS

V.I. Loganina, M.V. Zaytseva

The article analyzes the security of peeling resistance of a finishing layer based on a lime composition with addition of a polysilicate solution. It is found that the addition of a polysilicate solution to a lime mixture formulation contributes to an increase in the adhesion strength of the finishing layer. It is revealed that the variability of a variable series of adhesion strength is insignificant.

*Keywords: lime compositions, polysilicate solution, adhesion strength, variability, provision of resistance to peeling*

Анализ натуральных обследований состояния оштукатуренных фасадов зданий показывает, что основными видами разрушений являются растрескивание и отслаивание отделочного слоя [1]. Были проведены обследования состояния оштукатуренной поверхности фасадов зданий в г. Пензе по ул. Циолковского (рис. 1), ул. Можайского (рис. 2). Установлено, что в число приоритетных дефектов после 3 лет эксплуатации входят трещины по покрытию, отслаивание покрытия.

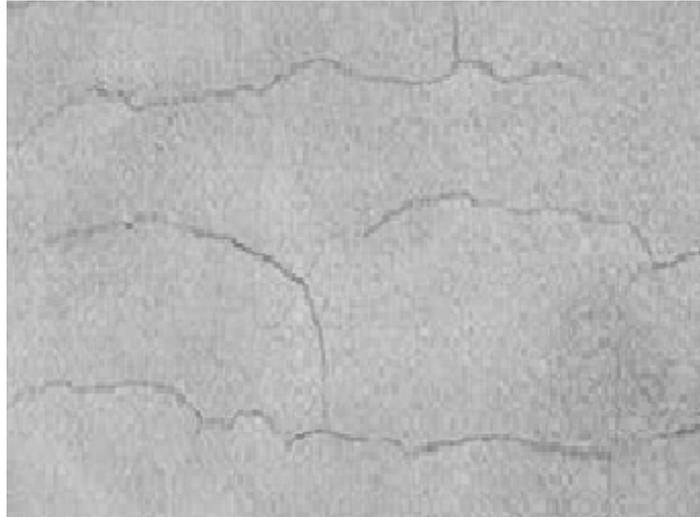


Рис. 1. Фотография фасада здания по улице Циолковского после трёх лет эксплуатации, г. Пенза

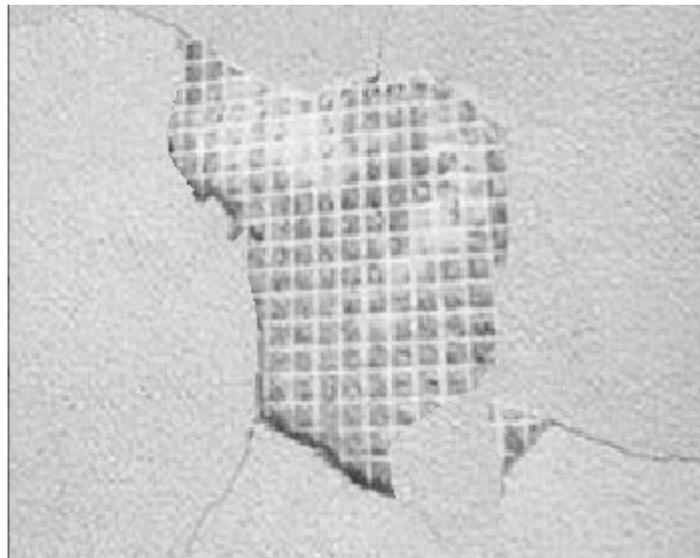


Рис. 2. Фотография фасада здания по улице Можайского после шести лет эксплуатации, г. Пенза

Отслаивание отделочного слоя происходит, когда внутренние касательные напряжения достигнут значения прочности сцепления на сдвиг, т.е. [2]

$$\tau = R_{\text{сд}}, \quad (1)$$

где  $\tau$  – внутренние касательные напряжения;  $R_{\text{сд}}$  – прочность сцепления.

Существует четыре основных способа повышения стойкости к отслаиванию покрытия:

- увеличить прочность сцепления;
- уменьшить напряжение;
- уменьшить вариации напряжения;
- уменьшить вариацию прочности сцепления.

Процесс отверждения отделочного слоя характеризуется нарастанием внутренних напряжений. Коэффициент запаса прочности  $n$  представляет собой отношение

прочности  $Y$  и напряжения  $X$ . Поскольку  $Y$  и  $X$  являются случайными величинами, одним из определений коэффициента безопасности является

$$n = \frac{R_{\text{сд}}}{\tau} \quad (2)$$

Пусть  $F(x)$  и  $G(y)$  будут кумулятивными функциями распределения для случайных величин  $X$  и  $Y$  соответственно. Тогда надежность  $R$  изделия для рассматриваемого режима отказа в предположении, что напряжение и прочность являются независимыми случайными величинами, определяется выражением

$$\begin{aligned} R = P\{Y > X\} &= \int_{-x}^x f(x) \left\{ \int_{-x}^y f(x) \right\} dy = \int_{-x}^x f(y) F(y) dy = \\ &= \int_{-x}^x f(x) \left\{ \int_{-x}^x f(y) dy \right\} dx = \int_{-x}^x f(x) \{1 - G(x)\} dx. \end{aligned} \quad (3)$$

Будем считать, что напряжение и прочность сцепления распределяются по нормальному закону распределения [3]. Случайная величина напряжения  $X$  нормально распределена со средним значением  $\mu_X$  и стандартным отклонением  $\sigma_X$ . Аналогичным образом распределяется случайная величина  $Y$  (прочность сцепления) со средним значением  $\mu_Y$  и стандартным отклонением  $\sigma_Y$ . Надежность  $R$  может быть определена следующим образом:

$$R = P[Y > X] = P[(Y - X) > 0]. \quad (4)$$

Известно, что  $U = (Y - X)$  также нормально распределено с  $\mu_U = \mu_Y - \mu_X$  и  $\sigma_u^2 = \sigma_y^2 + \sigma_x^2$ . Следовательно,

$$R = \Phi \left[ \frac{\mu_Y - \mu_X}{\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2}} \right]. \quad (5)$$

В исследовании оценена обеспеченность стойкости к отслаиванию отделочного слоя. Для приготовления известкового состава использовали вяжущее, микрокальцит, пластифицирующую добавку, полисиликатный раствор. В качестве вяжущего использовали гашеную известь (пушонку) активностью 84 %, полученную на каменском предприятии «Атмис-сахар» для технологических целей, истинной плотностью 2200 кг/м<sup>3</sup>, насыпной плотностью 480 кг/м<sup>3</sup>, с удельной поверхностью 1050 м<sup>2</sup>/кг. Для получения полисиликатного раствора в жидкое стекло вводили золь кремниевой кислоты Nanosil 20 [4], выпускаемый ПК «Промстеклоцентр». В исследовании использовали калиевое жидкое стекло с модулем  $M=3,29$  (ГОСТ 13078), в качестве пластифицирующей добавки применяли добавку Хидетал П-5.

Прочность сцепления отделочных покрытий определяли методом отрыва штампа от поверхности образца. При проведении экспериментальных исследований наблюдались адгезионный, когезионный, а также смешанные механизмы разрушения.

В табл. 1 приведены значения прочности сцепления. Установлено, что введение в рецептуру известковых составов добавки полисиликатного раствора позволяет получить покрытия с достаточно высокими адгезионными характеристиками. Так, прочность сцепления состава И:Н=1:3, В/И=1,26 составляет 0,32 МПа, а при введении в состав полисиликатного раствора в количестве 5 % – 0,95 МПа, добавки золя кремниевой кислоты – 0,82 МПа, добавки жидкого стекла – 0,5 МПа. Предлагаемые рецептура и технология приготовления известковых составов позволили обеспечить их совместимость с поверхностью, ранее окрашенной известковыми составами.

## Адгезионные свойства известковых отделочных покрытий

Состав	Адгезионная прочность, МПа	Наличие трещин в покрытии
И:Н=1:3, В/И = 1,26	0,32	Имеется сетка мелких трещин
И:Н=1:3, В/И = 1,26, полисиликатный раствор 5 % от массы извести	0,95	нет
И:Н=1:3, В/И = 1,26, полисиликатный раствор 5 % от массы извести, добавка Хидетал П-5	0,15	нет
И:Н=1:3, В/И = 1,26, золь кремниевой кислоты 1 % от массы извести	0,82	нет
И:Н=1:3, В/И = 1,26, жидкое стекло 1 % от массы извести	0,5	нет

Указанное выше соотношение (5) было использовано для оценки обеспеченности стойкости отделочного слоя к отслаиванию [5–8]. Результаты приведены в табл. 2.

## Вероятность отслаивания отделочного слоя

Наименование показателей	Значения
Прочность сцепления $R_{сд}$ , МПа	0,95
Среднеквадратическое отклонение $\sigma_{R_s}$ , МПа	0,12
Коэффициент вариации, %	12,7
Касательные напряжения $\tau$ , МПа	0,096
Среднеквадратическое отклонение $\sigma_{\tau}$ , МПа	0,0144
Коэффициент вариации, %	15
Коэффициент запаса	3,125
Обеспеченность стойкости к отслаиванию	0,99998

Анализ данных, приведенных в табл. 2, свидетельствует, что значения прочности сцепления при данных значениях вариабельности прочности сцепления и касательных напряжений обеспечивают стойкость к отслаиванию отделочного слоя. Обеспеченность стойкости к отслаиванию составляет 0,99998.

## Список литературы

1. Василик, П.Г. Трещины в штукатурках / П.Г. Василик, И.В. Голубев // Строительные материалы. – 2003. – №4. – С. 14–16.
2. Горчаков, Г.И. Повышение трещиностойкости водостойкости легких бетонов / Г.И. Горчаков, Л.П. Ортлихер, И.И. Лифанов. – М.: Стройиздат, 1971. – 587 с.
3. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – 6-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 1998.
4. Логанина, В.И. Свойства модифицированного связующего для силикатных красок / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, В.С. Демьянова, Е.Б. Мажитов // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 4 (33). – С. 17–23.
5. Данилевич, С.Б. О Легитимизации показателей достоверности контроля и испытаний продукции / С.Б. Данилевич // Компетентность. – 2012. – №6(97). – С. 49–51.
6. Логанина, В.И. Достоверность контроля качества строительных материалов и изделий / В.И. Логанина, А.Н. Круглова // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2014. – №2. – С.16–18.

---

7. Логанина, В.И. К вопросу о регулировании технологических процессов производства бетона / В.И. Логанина // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3–4 (603–604). – С. 42–45.

8. Логанина, В.И. Организация статистического приемочного контроля качества строительных изделий и конструкций / В.И. Логанина // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 98–99.

### References

1. Vasilik, P.G. Cracks in plasters / P.G. Vasilik, I.V. Golubev // Building materials. – 2003. – No. 4. – P. 14–16.

2. Gorchakov, G.I. Increase of crack resistance of water resistance of light concrete / G.I. Gorchakov, L.P. Orentlikher, I.I. Lifanov. – M.: Stroyizdat. 1971. – 587 p.

3. Gmurman, V.E. Probability theory and mathematical statistics: Textbook for universities / V.E. Gmurman. – 6th ed., revised. – M.: Higher school, 1998.

4. Loganina, V.I. Properties of the modified binder for silicate paints / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, V.S. Demyanova, E.B. Mazhitov // Regional architecture and engineering. – 2017. – No. 4 (33). – P. 17–23.

5. Danilevich, S.B. On the legitimization of the reliability indicators of control and testing of products / S.B. Danilevich // Competence. – 2012. – №6 (97). – P. 49–51.

6. Loganina, V.I. Reliability of quality control of building materials and products / V.I. Loganina, A.N. Kruglova // Bulletin of BSTU im. V.G. Shukhov. – 2014. – No. 2. – P.16–18.

7. Loganina, V.I. On the question of the regulation of technological processes of concrete production / V.I. Loganina // Izvestiya vysshikh educational institutions. Construction. – 2009. – No. 3–4 (603–604). – P. 42–45.

8. Loganina, V.I. Organization of statistical acceptance control of the quality of building products and structures / V.I. Loganina // Stroitel'nye materialy. – 2008. – No. 8. – P. 98–99.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Макарова Людмила Викторовна**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: Mak.78\_08@inbox.ru

**Акжигитова Альфия Ринатовна**,  
студент

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Makarova Ludmila Viktorovna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Management of Quality and  
Technology of Construction Production»  
E-mail: Mak.78\_08@inbox.ru

**Akzhigitova Alfiya Rinatovna**,  
Student

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ 5S

Л.В. Макарова, А.Р. Акжигитова

Производственная деятельность любого предприятия в настоящее время требует организации рабочего пространства, основанной на принципах бережливого отношения к сотрудникам, коммуникациям, оборудованию и материалам. В статье на примере конкретной организации представлены алгоритм и пример оценки эффективности внедрения и функционирования системы 5S.

*Ключевые слова: производительность труда, система 5S, критерии оценки эффективности*

## ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF 5S SYSTEM IMPLEMENTATION

L.V. Makarova, A.R. Akzhigitova

The production activity of any enterprise currently requires workspace organization based on the principles of careful attitude to employees, communications, equipment and materials. In the article, on the example of a specific organization, an algorithm and an example of assessing the effectiveness of the implementation and functioning of the 5S system are presented.

*Keywords: labor productivity, 5S system, criteria for evaluating efficiency*

Производительность – важная составляющая в деятельности производственной организации. В настоящее время реализуется национальный проект «Производительность труда», ключевые цели которого направлены в конечном счете на повышение конкурентоспособности российских товаров и услуг, создание культуры высокой производительности и эффективности среди работников организаций в каждом регионе России.

Промышленность Пензенской области активно участвует в проекте «Производительность труда», так как рост производительности труда является ключевой задачей для любого предприятия, решение которой требует комплексного подхода с учетом стратегии развития предприятия и современных тенденций комплексного управления качеством. В мировой практике хорошо зарекомендовала себя концепция 5S – разработанная в Японии система организации и рационализации рабочих мест, направленная на повышение эффективности и управляемости операционной зоны, увеличение производительности труда, экономию времени и совершенствование корпоративной культуры [1...3]. Система 5S способствует устранению потерь лишних действий за счет эффективной организации рабочего пространства. Правильно применяя 5S, можно экономить до 15 % рабочего времени.

В качестве объекта, на котором планируется внедрить принципы организации рабочего пространства 5S, рассмотрим компанию ООО «Современная упаковка»,

являющуюся ведущим поставщиком на рынке гофроупаковки в Пензе, Пензенской области и Приволжском федеральном округе.

В настоящее время руководством ООО «Современная упаковка» ставятся следующие стратегические задачи:

- рост производительности труда;
- ускорение оборачиваемости запасов;
- сокращение времени протекания процесса;
- уменьшение размеров НЗП (незавершенного производства);
- снижение уровня брака;
- повышение общей эффективности работы оборудования;
- оптимизация норм расхода сырья и материалов.

Приоритетным направлением деятельности ООО «Современная упаковка» является рост производительности труда, так как этот показатель оказывает влияние на конкурентоспособность и прибыль предприятия. С целью принятия эффективных управленческих решений компания проводит постоянный мониторинг изменения данного показателя. На рис. 1 и 2 представлены графики выполнения плана за апрель 2021 г.

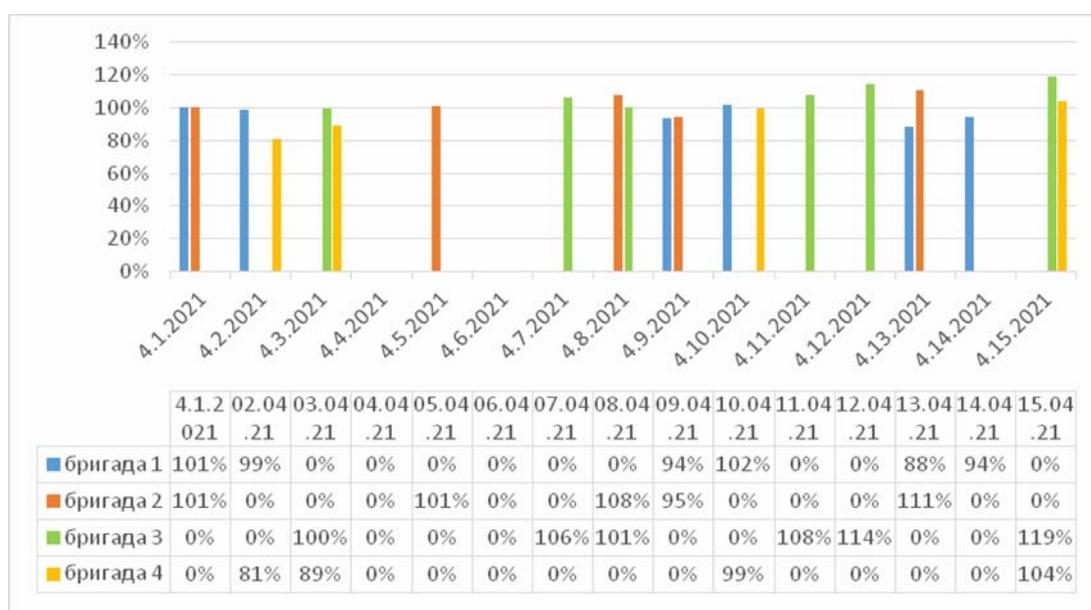


Рис. 1. Выполнение плана бригадой – первая половина месяца, %



Рис. 2. Выполнение плана бригадой – вторая половина месяца, %

Предлагаемый к внедрению метод 5S состоит из пяти шагов по организации и поддержанию порядка на рабочих местах, начиная от поиска источников беспорядка до внедрения системы постоянного совершенствования рабочего пространства: шаг 1 «Сортировка», шаг 2 «Самоорганизация (соблюдение порядка)», шаг 3 «Систематическая уборка (содержание в чистоте)», шаг 4 «Стандартизация», шаг 5 «Совершенствование» [3...5].

Для анализа эффективности внедрения системы 5S на ООО «Современная упаковка» предлагается использовать систему критериев, приведенную в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Критерии, учитывающие различные аспекты деятельности организации в области бережливого производства

Критерий	Принципы управления
Сортировка $K_1 = \sum_{j=1}^4 K_{1j}$	Сокращение незавершенного производства (НЗП) ( $K_{1.1}$ )
	Сокращение складских площадей ( $K_{1.2}$ )
	Увеличение рабочего пространства ( $K_{1.3}$ )
	Сокращение времени протекания процесса ( $K_{1.4}$ )
Соблюдение порядка $K_2 = \sum_{j=1}^4 K_{2j}$	Улучшение организации труда ( $K_{2.1}$ )
	Сокращение времени на поиски, ожидание и другие потери ( $K_{2.2}$ )
	<i>Сокращение потерь времени и сил при передвижении из-за нерационально расположенного оборудования</i> ( $K_{2.3}$ )
	Повышение производительности труда и общей эффективности деятельности ( $K_{2.4}$ )
Содержание в чистоте $K_3 = \sum_{j=1}^3 K_{3j}$	Улучшение санитарно-гигиенических условий труда ( $K_{3.1}$ )
	Предотвращение утечек и разлива вредных веществ ( $K_{3.2}$ )
	Устранение причин аварийных ситуаций, пожаров, несчастных случаев ( $K_{3.3}$ )
Стандартизация $K_4 = \sum_{j=1}^4 K_{4j}$	Создание инструкций для задач первых шагов системы 5S ( $K_{4.1}$ )
	Создание процедур и форм для регулярного аудита исполнения стандартов ( $K_{4.2}$ )
	Отображение обязанностей сотрудников и списка задач на информационной доске ( $K_{4.3}$ )
	Поощрение сотрудников при удачном опыте внедрения 5S ( $K_{4.4}$ )
Совершенствование $K_5 = \sum_{j=1}^3 K_{5j}$	Информационные стенды ( $K_{5.1}$ )
	Конкурсы 5S ( $K_{5.2}$ )
	Рассылки 5S ( $K_{5.3}$ )

Для того чтобы определить количество баллов для критериев, относящихся к каждому шагу 5S, необходимо сформировать группу экспертов, которая принимает участие во внедрении системы. Внедрение данной системы на предприятии началось осенью 2020 года, в связи с этим значения критериев, приведенные в табл. 2, достоверны и подлежали проверке в течение длительного периода времени.

Оценка производится по величине комплексного показателя (К):

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5.$$

Показатели значимости критериев в процентах и в баллах устанавливаются на основе экспертной оценки представителями самого предприятия (табл. 3).

## Вычисление критерия деятельности организации

<b>Сортировка</b>			
Критерии оценки		Баллы	Оценка в баллах
1		2	3
Сокращение НЗП $K_{1.1}=K_{1.1.1}+K_{1.1.2}$	Поставка продукции заказчику, $K_{1.1.1}$	Сразу после изготовления – 5	3
		С небольшой задержкой по времени – 3	
		Со значительной задержкой по времени – 0	
	Скорость решения вопроса, связанного с поломкой оборудования, $K_{1.1.2}$	В течение часа – 2	1
		В течение дня – 1	
		На решение уходит несколько дней – 0	
Сокращение складских площадей $K_{1.2}=K_{1.2.1}+K_{1.2.2}$	Сокращение площади хранения листовых заготовок, $K_{1.2.1}$	Сокращена на 100 % – 5	3
		Сокращена на 50 % – 3	
		Не сокращена – 0	
	Сокращение площади хранения рулонов бумаги и картона, $K_{1.2.2}$	Сокращена на 100 % – 5	0
		Сокращена 50 % – 3	
		Не сокращена – 0	
Увеличение рабочего пространства $K_{1.3}=K_{1.3.1}+K_{1.3.2}$	Сортировка предметов в рабочей зоне по критериям необходимости, $K_{1.3.1}$	Отсортированы – 5	5
		Отсортированы частично – 2	
		Не отсортированы – 0	
	Наличие на рабочем месте ненужных предметов, $K_{1.3.2}$	Не имеются – 5	5
		Имеются – 0	
	Сокращение времени протекания процесса $K_{1.4}=K_{1.4.1}+K_{1.4.2}$	Время настройки оборудования $K_{1.4.1}$	Вопрос решается оперативно – 5
Требуются значительные временные затраты – 0			
Время прослеживания между заданиями $K_{1.4.2}$		Время прослеживания сведено к минимуму – 5	2
		Имеются незначительные задержки – 2	
		Требуются значительные временные затраты – 0	
<b>Соблюдение порядка</b>			
Улучшение организации труда $K_{2.1}=K_{2.1.1}+K_{2.1.2}+K_{2.1.3}$	Закрепление трудовых процессов за отдельными группами людей, $K_{2.1.1}$	Есть – 3	3
		Отсутствует – 0	
	Персонал ознакомлен с требованиями к рабочему процессу, $K_{2.1.2}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
	Проведение производственного совещания по обсуждению плана работы в начале рабочего дня, $K_{2.1.3}$	Проводится – 2	2
		Не проводится – 0	

1	2	3	
Сокращение времени на поиски, ожидание и другие потери $K_{2,2}=K_{2,2,1}+K_{2,2,2}+K_{2,2,3}$	У каждого предмета есть свое место, $K_{2,2,1}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
	Есть ли доступ к предмету в одно касание, $K_{2,2,2}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
	Можно свободно перемещать предмет, $K_{2,2,3}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
Сокращение потерь времени и сил из-за нерационально расположенного сырья и заготовок $K_{2,3}=K_{2,3,1}+K_{2,3,2}$	Сокращение маршрута передвижения погрузчиков при перевозке сырья, $K_{2,3,1}$	Да – 5	3
		Частично – 3	
		Нет – 0	
	Сокращение маршрута передвижения погрузчиков при перевозке заготовок, $K_{2,3,2}$	Да – 5	3
		Частично – 3	
		Нет – 0	
Повышение производительности труда и общей эффективности деятельности $K_{2,4}=K_{2,4,1}+K_{2,4,2}+K_{2,4,3}+K_{2,4,4}$	При планировании работы руководство стремится, чтобы пик рабочей нагрузки приходился на менее загруженный по прогнозу период, $K_{2,4,1}$	При планировании работ нагрузка распределяется максимально равномерно – 5	5
		При планировании работ равномерность нагрузки не учитывается – 0	
	При возникновении проблемы присутствует руководитель участка, $K_{2,4,2}$	Да, в 100 % случаев – 5	3
		Да, только в самых проблемных случаях – 3	
		Присутствие руководителя необязательно – 0	
	Применение системы автономизации процессов производства, $K_{2,4,3}$	Система применяется более чем на 80 % процесса и постоянно совершенствуется – 5	3
		Система активно внедряется, применение не более 60 % процесса – 3	
		Система не используется – 0	
	Соблюдение правила «не изготавливать, не передавать и не принимать брак», $K_{2,4,4}$	Соблюдается во всех подразделениях предприятия – 5	5
		Соблюдается только на производственной линии – 3	
		Передача и прием брака возможны – 0	
	<b>Содержание в чистоте</b>		
Улучшение санитарно-гигиенических условий $K_{3,1}=K_{3,1,1}+K_{3,1,2}+K_{3,1,3}+K_{3,1,4}$	Сокращение зон загрязнения, $K_{3,1,1}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
	Наличие у рабочих средств защиты от клеевых и пыльных загрязнений, $K_{3,1,2}$	Имеются у всех – 5	3
		Имеются не у всех – 3	
		Отсутствуют – 0	
	Проведение уборки цехов, $K_{3,1,3}$	Уборка проводится ежедневно – 4,5	4,5
Проводится редко – 2			

1	2	3	
	Уборка не осуществляется – 0		
	Уборка персоналом своей рабочей зоны, $K_{3.1.4}$	4,5	
	В конце своей смены – 4,5		
	Убирает, но редко – 2		
	Не убирает – 0		
Предотвращение утечек и разлива вредных веществ $K_{3.2} = K_{3.2.1} + K_{3.2.2} + K_{3.2.3}$	Использование ресурсов с минимальным содержанием загрязняющих веществ, $K_{3.2.1}$	Да – 2	2
		Нет – 0	
	Минимизирование объемов неорганизованных утечек, $K_{3.2.2}$	Да – 2	0
		Нет – 0	
	Усиление работы очистных сооружений, $K_{3.2.3}$	Да – 4,5	2
		Частично – 2	
Нет – 0			
Устранение причин аварийных ситуаций, пожаров, несчастных случаев $K_{3.3} = K_{3.3.1} + K_{3.3.2} + K_{3.3.3} + K_{3.3.4}$	Ознакомление сотрудников с требованиями безопасности, $K_{3.3.1}$	Ознакомлены – 2	2
		Не ознакомлены – 0	
	Соблюдение сотрудниками требований безопасности, $K_{3.3.2}$	Соблюдают более 60 % персонала – 4	4
		Соблюдают от 20 до 60 % персонала – 3	
		Не соблюдают – 0	
	В здании имеются запасные выходы, $K_{3.3.3}$	Имеются – 2	2
		Не имеются – 0	
	Все цеха и рабочие кабинеты оснащены огнетушителями, $K_{3.3.4}$	Оснащены и цеха, и рабочие кабинеты – 5	3
		Оснащены частично – 3	
		Нигде нет огнетушителей – 0	
<b>Стандартизация</b>			
Создание инструкций для задач первых шагов системы 5S $K_{4.1} = K_{4.1.1} + K_{4.1.2}$	Определение зон карантина, $K_{4.1.1}$	Определены – 2	2
		Не определены – 0	
	Нанесение разметки и разграничения зон, $K_{4.1.2}$	Нанесены – 2	2
Не нанесены – 0			
Создание процедур и форм для регулярного аудита и исполнения стандартов $K_{4.2} = K_{4.2.1} + K_{4.2.2} + K_{4.2.3}$	Использование формы персоналом, $K_{4.2.1}$	Используется – 2	2
		Не используется – 0	
	Использование визуальных методов контроля, $K_{4.2.2}$	Используются в виде фото и схем – 3	3
		Не используются	
	Проведение анализа стандартов при возникновении нарушений существующей технологии, $K_{4.2.3}$	Стандарты анализируются, разрабатываются рекомендации по их улучшению – 5	0
Не анализируются, т.к. сбои возникают по другим причинам – 0			
Отображение обязанностей сотрудников и списка задач на информационной доске $K_{4.3} = K_{4.3.1} + K_{4.3.2} + K_{4.3.3}$	Знание сотрудниками своих обязанностей, $K_{4.3.1}$	Знают – 2	2
		Не знают – 0	
	Доступность информации на информационных стендах, $K_{4.3.2}$	Доступна – 2	2
		Не доступна – 0	

1		2		3
	Использование сотрудниками информационных досок, $K_{4.3.3}$	Пользуются все – 5	3	
		Частично – 3		
		Не пользуются – 0		
Поощрение сотрудников при удачном опыте внедрения 5S $K_{4.4} = K_{4.4.1} + K_{4.4.2}$	Социальная поддержка сотрудников, $K_{4.4.1}$	Осуществляется – 2	2	
		Не осуществляется – 0		
	Материальная поддержка сотрудников, $K_{4.4.2}$	Осуществляется – 2	2	
		Не осуществляется – 0		
<b>Совершенствование</b>				
Информационные стенды $K_{5.1} = K_{5.1.1} + K_{5.1.2}$	Размещение информации о протекании процесса внедрения 5S, $K_{5.1.1}$	Выполняется – 2	2	
		Не выполняется – 0		
	Размещение фотографий «было» и «стало», $K_{5.1.2}$	Выполняется – 2	2	
		Не выполняется – 0		
Конкурсы 5S $K_{5.2} = K_{5.2.1} + K_{5.2.2}$	Создание различных номинаций (лучший цех, лучшее рабочее место), $K_{5.2.1}$	Выполняется – 2	0	
		Не выполняется – 0		
	Соревнования по системе 5S, $K_{5.2.2}$	Проводятся – 2	0	
		Не проводятся – 0		
Рассылки 5S $K_{5.3} = K_{5.3.1} + K_{5.3.2}$	Отчеты о выполнении процедур, $K_{5.3.1}$	Выполняются – 2	2	
		Не выполняются – 0		
	Все в курсе новостей о ходе внедрения системы 5S, $K_{5.3.2}$	В курсе весь персонал – 5	3	
		В курсе меньше половины – 3		
Знает только высшее руководство – 1				

Таблица 3

## Значимость критериев

Критерий	Значимость в %				Значимость в баллах	$K^0$
	Значимость критерия	Показатели	Максимальное значение	Значимость показателя критерия		
1	2	3	4	5	6	7
$K_1$ Сортировка	0,2	$K_{1.1}$	7	0,3	4	1,2
		$K_{1.2}$	10	0,2	3	0,6
		$K_{1.3}$	10	0,2	10	2
		$K_{1.4}$	10	0,3	2	0,6
$K_2$ Соблюдение порядка	0,2	$K_{2.1}$	7	0,2	7	1,4
		$K_{2.2}$	6	0,2	6	1,2
		$K_{2.3}$	10	0,2	6	1,2
		$K_{2.4}$	20	0,4	16	6,4
$K_3$ Содержание в чистоте	0,1	$K_{3.1}$	16	0,5	14	7
		$K_{3.2}$	8,5	0,2	4	0,8
		$K_{3.3}$	13	0,3	11	3,3

1	2	3	4	5	6	7
K <sub>4</sub> Стандартизация	0,3	K <sub>4.1</sub>	4	0,4	4	1,6
		K <sub>4.2</sub>	10	0,3	5	1,5
		K <sub>4.3</sub>	9	0,1	7	0,7
		K <sub>4.4</sub>	4	0,2	4	0,8
K <sub>5</sub> Совершенствование	0,2	K <sub>5.1</sub>	4	0,4	4	1,6
		K <sub>5.2</sub>	4	0,3	0	0
		K <sub>5.3</sub>	7	0,3	5	1,5
$\Sigma = 159,5$				$\Sigma = 112$		

Уровень внедрения системы 5S на предприятии ООО «Современная упаковка» в сравнении с максимально возможным значением составил:

$$Y_v = \frac{K_{\text{пред}}^o}{K_{\text{макс}}^o} \cdot 100\% = \frac{112}{159,5} \cdot 100\% = 70,2 \%$$

После проведения анализа предприятия ООО «Современная упаковка» на соответствие условиям бережливого производства можно считать, что внедрение системы 5S имеет положительный результат и способствует повышению производительности труда.

### Список литературы

1. Шипанов, М.С. Система 5С как инструмент оценки деятельности предприятия / М.С. Шипанов, А.В. Шабурова. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-5s-kak-instrument-otsenki-deyatelnosti-predpriyatiya/viewer>.
2. Вейдер, Майкл. Инструменты бережливого производства II: Карманное руководство по практике применения Lean / Майкл Вейдер. – URL: <https://orgpm.ru/upload/iblock/c51/c513203311444cd27e2d285b83977fa2.pdf>
3. Давыдова, Н.С. Бережливое производство как фактор повышения конкурентоспособности предприятия / Н.С. Давыдова // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №2. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/867>
4. Клочков, Ю.П. Организационно-экономические основы внедрения бережливого производства на предприятиях машиностроения / Ю.П. Клочков // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №3. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/903>.
5. Омельченко, И.Н. Система показателей эффективности промышленного предприятия при внедрении бережливого производства / И.Н. Омельченко, С.Г. Комарова, С.В. Лазарев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – №6. – С. 72–85.

### References

1. Shipanov, M.S. System 5C as a tool for assessing the activities of an enterprise / M.S. Shipanov, A.V. Shaburova. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-5s-kak-instrument-otsenki-deyatelnosti-predpriyatiya/viewer>.
2. Weider, Michael. Lean Manufacturing Tools II: A Pocket Guide to Lean Practices / Michael Weider. – URL: <https://orgpm.ru/upload/iblock/c51/c513203311444cd27e2d285b83977fa2.pdf>
3. Davydova, N.S. Lean production as a factor in increasing the competitiveness of the enterprise / N.S. Davydova // Engineering Bulletin of the Don. – 2012. – №2. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/867>
4. Klochkov, Yu.P. Organizational and economic foundations for the introduction of lean production at machine-building enterprises / Yu.P. Klochkov // Engineering Bulletin of the Don. – 2012. – No.3. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/903>.
5. Omelchenko, I.N. The system of indicators of the efficiency of an industrial enterprise in the implementation of lean production / I.N. Omelchenko, S.G. Komarova, S.V. Lazarev // Management in Russia and abroad. – 2014. – No. 6. – P. 72–85.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Тарасов Роман Викторович**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: rwtarasow@rambler.ru

**Кармишина Анастасия Сергеевна**,  
студент

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Tarasov Roman Viktorovich**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Management of Quality and  
Technology of Construction Production»  
E-mail: rwtarasow@rambler.ru

**Karmishina Anastasia Sergeevna**,  
Student

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Р.В. Тарасов, А.С. Кармишина

Современный рынок услуг требует от предприятий эффективной стратегии функционирования и развития. В настоящее время конкурентными преимуществами обладают те компании, которые в состоянии обеспечить высокое качество продукции (услуг) при четкой клиентоориентированности. В этих условиях требуется регулярный мониторинг удовлетворенности потребителя с разработкой рекомендаций по совершенствованию деятельности компании. В статье представлен сравнительный анализ методов оценки удовлетворенности потребителей по обобщенному показателю, позволяющему оценить эффективность метода в зависимости от сферы деятельности организации.

*Ключевые слова: методы оценки удовлетворенности потребителей, критерии оценки эффективности, обобщенный показатель*

## ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR ASSESSING CUSTOMER SATISFACTION

R.V. Tarasov, A.S. Karmishina

The modern market of services requires enterprises to have an effective strategy of functioning and development. Currently, those companies that are able to provide high quality products (services) with a clear customer orientation have high competitive advantages. In these conditions, regular monitoring of customer satisfaction is required with the development of recommendations for improving the company's activities. The article presents a comparative analysis of methods for assessing customer satisfaction by a generalized indicator that allows evaluating the effectiveness of the method depending on the scope of the organization.

*Keywords: methods of assessing customer satisfaction, performance evaluation criteria, generalized indicator*

Удовлетворенность клиентов является мощным инструментом повышения прибыли организации и выступает базой для сохранения конкурентоспособности на рынке. Это заставляет компании внедрять новые системы управления качеством, а также проводить регулярные мероприятия для оценки и повышения удовлетворенности клиентов [1, 2].

Разработано и эффективно применяется на практике большое количество методов оценки удовлетворенности потребителей [3...6]. Выбор конкретного метода будет зависеть как от факторов внутренней среды организации, так и от значимости решаемой задачи. Таким образом, формирование стратегии развития организации с учетом пожеланий потребителя является достаточно сложной задачей.

С целью выбора наиболее эффективного метода требуется разработка системы критериев, позволяющих оценить эффективность использования того или иного метода.

В качестве универсальных критериев предлагается использовать ряд показателей:

- простота применения (понимания) метода;
- длительность процесса сбора и обработки информации;
- соответствие современным условиям осуществления профессиональных обязанностей;
- время достижения эффекта при применении метода;
- ресурсоемкость использования;
- доступность информации для мониторинга (сбора исходной информации);
- необходимость в дополнительном обучении персонала;
- достоверность полученных результатов;
- возможность применения современных цифровых технологий;
- универсальность метода.

Шкала оценивания и значения коэффициентов весомости для каждого из рассматриваемых критериев, определенные путём экспертного опроса, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Критерии для анализа эффективности методов оценки удовлетворенности потребителей

№ п/п	Критерий	Весомость критерия	Шкала оценивания
1	2	3	4
1	Простота применения (понимания) метода	0,07	1 – прост в применении (не требует предварительной подготовки) 0,5 – требует специальных знаний 0 – требуется обязательная теоретическая и практическая подготовка
2	Длительность процесса сбора и обработки информации	0,09	1 – информация имеется в наличии 0,5 – требуется время для сбора и обработки информации 0 – информацию невозможно собрать и обработать
3	Соответствие современным условиям осуществления профессиональных обязанностей	0,12	1 – метод отражает современный уровень развития науки и техники 0,5 – метод частично отражает современный уровень развития науки и техники 0 – метод имеет ограничения по эффективности применения и не соответствует современному уровню развития науки и техники
4	Время достижения эффекта при применении метода	0,12	1 – желаемый эффект достигается сразу 0,5 – желаемый эффект достигнут в течение одного месяца 0 – желаемый эффект достигается в срок более одного месяца
5	Ресурсоемкость использования	0,11	1 – обладает невысокой ресурсоемкостью 0,5 – обладает средней ресурсоемкостью 0 – обладает высокой ресурсоемкостью
6	Доступность информации для мониторинга (сбора исходной информации)	0,12	1 – информация в свободном доступе и не требует предварительной обработки 0,5 – информация неполная/требует систематизации (обработки) 0 – информация отсутствует/информация недостоверна

1	2	3	4
7	Необходимость в дополнительном обучении персонала	0,04	1 – обучение не требуется (работник обладает необходимыми знаниями) 0,5 – требуется повышение уровня знаний и умений (самообучение) 0 – необходимо повышение квалификации (переподготовка)
8	Достоверность полученных результатов	0,12	1 – информация достоверна 0,5 – информация зависит от качества подготовки информации и специалистов 0 – информация недостоверна
9	Возможность применения современных цифровых технологий	0,09	1 – доступны методы и способы сбора, обработки и представления информации с помощью современных цифровых технологий 0,5 – ограниченное применение современных цифровых технологий 0 – невозможно использовать современные цифровые технологии
10	Универсальность метода	0,12	1 – возможно применение для любых организаций 0,5 – возможно применение для ряда организаций определенной сферы деятельности 0 – возможность применения исключительно для конкретной организации

Обобщенный показатель, позволяющий определить эффективность анализируемого метода, предлагается рассчитывать по выборочной арифметической функции оценивания:

$$Q_{BA} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i,$$

где  $M_i$  – значение коэффициента весомости рассматриваемого критерия;  $K_i$  – нормированная оценка эффективности метода по предлагаемой шкале.

Рассмотрим пример реализации методики для основных методов, используемых для анализа удовлетворенности потребителей в настоящее время:

Метод №1 – SERVQUAL

Метод №2 – Модель Канон

Метод №3 – Индекс удовлетворенности потребителей CSI

Метод №4 – Тайный покупатель

Метод №5 – Метод взвешенных оценок.

Результаты проведения анализа эффективности изучаемых методов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты проведения анализа эффективности изучаемых методов

Критерии	Номер метода	Методы оценки удовлетворенности потребителя (описание метода)	Значение критерия, $K_i$
1	2	3	4
Простота применения (понимания) метода	1	Модель «SERVQUAL» применяется для повышения конкурентоспособности организаций в сфере услуг с целью понимания особенностей восприятия целевой аудитории с учетом ее потребностей, а также с целью измерения качества услуг, предоставляемых самой организацией	0,5

1	2	3	4
	2	Модель Кано – один из инструментов управления качеством – применяется для формирования стратегии организации и решения задач обеспечения удовлетворенности потребителей	0,5
	3	Индекс удовлетворенности потребителей CSI – это показатель степени восприятия клиентом качества товара (услуги). В основе метода лежит утверждение, что чем больше удовлетворен потребитель, тем выше вероятность, что он останется лояльным и это приведет к успеху организации на рынке	0,5
	4	Метод «Тайный покупатель» – метод маркетингового исследования, направленный на оценку потребительского опыта, полученного в процессе совершения покупки товара или услуги, а также на измерение уровня обслуживания клиентов персоналом организации	0,5
	5	При реализации метода определяется разница между показателями максимального уровня удовлетворенности и показателями среднего уровня оценки эффективности работы организации. Определяется взвешенная оценка всех показателей неудовлетворенности каждого признака. Взвешенные оценки неудовлетворенности потребителя позволяют разработать комплекс мер, направленных на повышение конкурентоспособности организации	0,5
Длительность процесса сбора и обработки информации	1	При реализации метода используется анкета, в которой содержатся основные вопросы в соответствии со шкалой Лайкерта. Вопросы анкеты разрабатываются в соответствии с пятью основными параметрами (измерениями) качества услуг (надежность, отзывчивость, убедительность, сочувствие, осязаемость) Первая часть вопросов предназначена для выявления ожиданий потребителя в отношении определенной услуги. Вторая – для определения уровня соответствующих качеств в услуге, предлагаемой конкретной организацией	0,5
	2	При реализации данного метода проводится опрос потребителей, при которой каждый вопрос задается дважды: в позитивной и негативной формах. Сравнительный анализ ответов на оба вопроса дает возможность установить тип данной характеристики продукции. Алгоритм действий включает в себя сбор данных о требованиях потребителя в виде диаграммы сродства, анализ потребностей с последующей группировкой по трем составляющим профиля качества, дополнительный сбор информации (при необходимости), объединение требований потребителя по составляющим профиля качества, определение нужд потребителя первой важности	0,5

1	2	3	4
	3	Оценка удовлетворенности потребителей осуществляется в четыре этапа: определение важных для компании параметров (на основе экспертного мнения, предварительного исследования целевой аудитории или произвольно); проведение опроса потребителей с использованием вопросов, основанных на пятибалльной шкале; выявление важности параметров для потребителя по пятибалльной шкале; анализ полученных результатов	0,5
	4	Методика «Тайный покупатель» включает ряд этапов: формулирование целей и задач исследования; составление списка требований к поведению тайного покупателя; согласование условий работы тайного покупателя; разработка сценария поведения тайного покупателя; разработка анкет для отчетности; выбор тайных покупателей и их инструктаж; посещение организации покупателем и заполнение анкеты; проверка правильности выполнения задания; составление единого отчета на основе анкет всех тайных покупателей; разработка рекомендаций по совершенствованию деятельности компании; передача заказчику общего отчета, который состоит из выводов и рекомендаций, а также всего материала тайных покупателей	0,5
	5	В качестве основы для взвешенного оценивания используется таблица. В поля таблицы выставляются экспертные оценки, полученные в результате расчетов различных экономических, социальных и других групп показателей. На базе этих расчетов расставляются веса и выставляются балльные экспертные оценки в таблицу	0,5
Соответствие современным условиям осуществления профессиональных обязанностей	1	Модель используется для оценивания особенностей восприятия потребительской аудиторией качества предлагаемых услуг	1,0
	2	Модель Кано отражает восприятие качества потребителем и способствует его пониманию, так как показывает взаимосвязь между качеством продукции и параметрами этого качества	0,5
	3	В основе метода CSI для оценки клиентской удовлетворенности используется метод личных интервью с учетом долгосрочного прогноза прибыльности и рыночной ценности. Полученные результаты оценки позволяют выявить причины неудовлетворенности потребителей и устранить их	1,0
	4	Метод исследования отражает современный уровень развития науки и техники и является актуальным для повышения уровня мотивации сотрудников	1,0

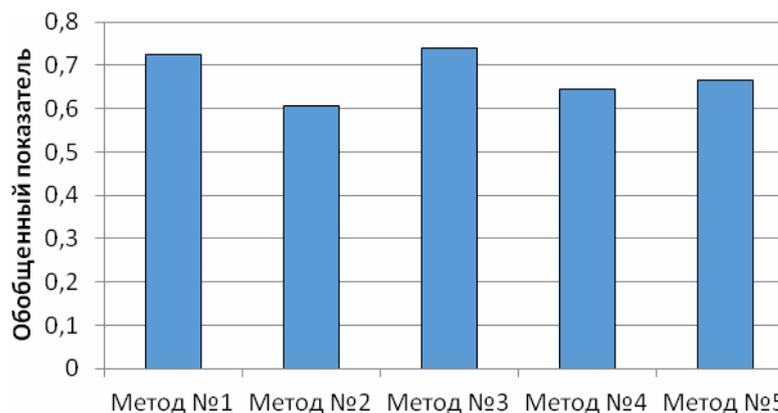
1	2	3	4
	5	Данный метод является актуальным и соответствует современным условиям осуществления профессиональных обязанностей	1,0
Время достижения эффекта при применении (методики)	1	В результате применения методики проводится сравнительный анализ идеальной компании и реальной компании – участника рынка. В результате можно определить, насколько успешна работа компании, предлагающей продукт/услугу. Если ожидаемые (идеальные) оценки превышают реальные, то организация работает успешно. Если ожидаемые оценки ниже реальных – организации необходимо принять срочные меры по повышению качества услуги. Если ожидаемые оценки совпадают с реальными – организация функционирует успешно	1,0
	2	Формируется представление о «профиле качества» создаваемой продукции после сбора сведений на основе ответов потребителя	1,0
	3	Эффект от применения метода достигается сразу после анализа полученных результатов	1,0
	4	По результатам проведенной проверки заполняется анкета-отчет, отражающая все впечатления «покупателя». По итогам всех посещений составляется комплексный отчет	1,0
	5	Эффект от применения методики достигается сразу после проведения расчетов	1,0
Ресурсоемкость использования	1	Ресурсоемкость применения данного метода невысока. Изначально выбираются наиболее важные критерии для респондентов в отношении абстрактной компании, представленной на исследуемом рынке. Каждый из опрошенных оценивает указанные критерии по пятибалльной шкале. На основании этого получают обобщенный портрет исследуемого объекта рынка (компании), предлагающего тот или иной продукт (услугу) Затем респонденты дают свою оценку по тем же критериям качества работы исследуемой компании и ближайших конкурентов. Полученные результаты оценок сравниваются со значениями ожиданий. Определение наиболее важных критериев осуществляется через процедуру ранжирования индекса «важности»/ «удовлетворенности»	0,5
	2	Для составления списка атрибутов используется ряд методов: творческая инициатива; «озарение» ученого или предпринимателя либо группы специалистов-разработчиков; «мозговой штурм» либо «визуализация»; сбор данных о заявках на гарантийный ремонт; сбор данных, полученных от торговых представителей, менеджеров. Приведенные выше источники могут быть дополнены различными системами voice-of-the-customer (голос покупателя)	0,5

1	2	3	4
	3	Для измерения CSI необходимо определить ключевые критерии выбора (параметры), которые зависят от специфики товара	1,0
	4	Метод обладает средней ресурсоемкостью. Необходимо определить компетентных сотрудников, которые могут выступать в качестве тайного покупателя. Требуется разработка сценария поведения тайного покупателя и подготовка специальных анкет	0,5
	5	Данный метод обладает невысокой ресурсоемкостью	1,0
Доступность информации для мониторинга (сбора исходной информации)	1	Информация доступна, но требует дополнительной обработки (вычисление среднearифметических значений ожиданий и восприятия)	0,5
	2	Информация доступна, но необходимо свести все ответы потребителей вместе, чтобы установить тип данной характеристики продукции	0,5
	3	Информация доступна, но требует определенной обработки	0,5
	4	Необходимо систематизировать всю полученную информацию, заполнив разработанные анкеты	0,5
	5	Информация наглядно представлена в таблице, но требует проведения предварительных расчетов	0,5
Необходимость в дополнительном обучении персонала	1	Требуется дополнительное обучение с учетом необходимости приобретения навыков составления анкет и владения методами статистической обработки полученной информации	0,5
	2	Требуются дополнительное обучение с учетом необходимости приобретения навыков составления анкет, а также непрерывное самообучение персонала	0,5
	3	Для использования данного метода не требуется дополнительного обучения персонала	1,0
	4	Данный метод требует тщательного подхода на каждом этапе организации и проведения, в том числе и на этапе подготовки тайных покупателей. На обучении обязательно проводится инструктаж, где тайного покупателя знакомят со спецификой предоставления услуг проверяемой организации	0
	5	Дополнительное обучение персонала для использования данного метода не требуется.	1,0
Достоверность полученных результатов	1	Неверное понимание сущности параметров и их формулировки способствует возникновению проблем с обоснованностью и надёжностью полученных данных	0,5
	2	Достоверность результатов зависит от качества подготовки информации и специалистов. Кроме того, необходимо учитывать, что различные категории потребителей могут иметь различные потребности и способны по-разному устанавливать требования к характеристикам продукции	0,5

1	2	3	4
	3	На результаты исследования может повлиять период проведения опроса. В некоторых случаях имеет смысл перенести сроки уже запланированного исследования (влияние сезонности спроса). Для обеспечения необходимого уровня вовлеченности респондентов рекомендуется применять маркетинговые методы стимулирования: скидки или подарки	0,5
	4	Оценки, итоговые баллы по результатам проверки тайным покупателем являются субъективными, следовательно, есть вероятность получения недостоверных результатов	0,5
	5	Полученная информация является достоверной, а преимущество модели средних взвешенных оценок заключается в том, что она дает возможность учесть все оценки экспертов через процедуру их усреднения	1,0
Возможность применения современных цифровых технологий	1	Возможно применение специализированных программных продуктов для статистической обработки анализируемой информации. Анкетирование может проводиться в онлайн-формате.	1,0
	2	Опрос потребителей может быть проведен в онлайн-формате, также возможно применение специальных программ для сбора данных и группирования потребностей	1,0
	3	Возможно применение аппаратно-программного комплекса сбора, хранения и предоставления статических данных для оценки качества и сервиса обслуживания клиентов. Как правило, данный комплекс укомплектован сенсорным планшетом или кнопочным пультом для сбора данных	1,0
	4	Доступны методы и способы сбора, обработки и представления информации с помощью современных цифровых технологий. Также возможна проверка онлайн-сервисов. Исследование с привлечением тайного покупателя может проводиться для оценки системы онлайн-заказа и привлекательности рекламных материалов, а также в рамках программы повышения лояльности к магазину	1,0
	5	Возможно применение современных цифровых технологий, опрос экспертов может быть проведен в онлайн-формате, а также возможно применение специализированных программ для расчета средних взвешенных оценок	1,0
Универсальность инструмента	1	Модель «SERVQUAL» позволяет всесторонне исследовать потребности клиента в качестве, а также установить, насколько эффективна деятельность каждой отдельно взятой организации, благодаря чему обеспечивается максимально продуктивный подход к улучшению качества услуг	1,0

1	2	3	4
	2	В компаниях, в которых существует несколько производственных линий, выпускающих большую номенклатуру продукции, сложно экстраполировать модель Кано непосредственно на стратегию компании в целом	0,5
	3	Существует ряд ситуаций, когда применение метода нецелесообразно: малое количество игроков на рынке, отказ целевой аудитории давать ответы, если на рынке не развиты рыночные механизмы или нет доступа к целевой аудитории	0,5
	4	Данный метод применяется в основном в организациях, предоставляющих различные услуги	0,5
	5	Метод является универсальным, может применяться для любых организаций, видов продукции и услуг	1,0

Результаты расчета обобщенных показателей изучаемых методов представлены на рисунке.



Значения обобщенных критериев оценки эффективности методов

Таким образом, с учетом сформулированных критериев, максимальной эффективностью обладает метод №3 – Индекс удовлетворенности потребителей CSI.

Предлагаемая методика оценки удовлетворенности потребителей в зависимости от сферы деятельности организации и имеющихся возможностей позволяет выбрать оптимальный инструмент в рамках постоянной ориентации на максимальную удовлетворенность потребителя.

### Список литературы

1. Семакина, Г.А. Управление качеством услуг: проблемы и практика решения методами менеджмента качества / Г.А. Семакина // Российское предпринимательство. – 2016. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-uslug-problemy-i-praktika-resheniya-metodami-menedzhmenta-kachestva>.
2. Борискин, О.И. Управление качеством услуг / О.И. Борискин, М.А. Анисимова, А.С. Марценюк, Г.А. Нуждин, Е.И. Хунузиди // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – №9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-uslug>.
3. Гусева, А.Н. Эффективность использования рыночных инструментов управления организациями сферы услуг / А.Н. Гусева // Инженерный вестник Дона. – 2011. – №4. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/590](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/590).

---

4. Бондаренко, Л.В. Теоретические аспекты формирования конкурентной среды в сфере услуг / Л.В. Бондаренко // Инженерный вестник Дона. – 2011. – №1. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/385](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/385).

5. Федоськина, Л.А. Методика «SERVQUAL» как инструмент повышения инновационной активности в организациях сферы услуг / Л.А. Федоськина // Креативная экономика. – 2008. – №3. – URL: [creativeconomy.ru/lib/3821](http://creativeconomy.ru/lib/3821).

6. Макарова, Л.В. Обеспечение качества и конкурентоспособности услуг / Л.В. Макарова, С.В. Коновалова // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2018. – №1.– URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4719/>.

## References

1. Semakina, G.A. Service quality management: problems and practice of quality management methods / G.A. Semakina // Russian Entrepreneurship. – 2016. – No. 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-uslug-problemy-i-praktika-resheniya-metodami-menedzhmenta-kachestva>.

2. Boriskin, O.I. Service quality management / O.I. Boriskin, M.A. Anisimova, A.S. Martsenyuk, G.A. Nuzhdin, E.I. Hunuzidi // Bulletin of TulSU. Technical science. – 2020. – No. 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-uslug>.

3. Guseva, A.N. Efficiency of using market-based management tools for service sector organizations / A.N. Guseva // Engineering Bulletin of Don. – 2011. – No. 4. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/590](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/590).

4. Bondarenko L.V. Theoretical aspects of the formation of a competitive environment in the service sector / L.V. Bondarenko // Engineering Bulletin of the Don. – 2011. – No. 1. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/385](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/385).

5. Fedoskina, L.A. Methodology «SERVQUAL» as a tool for increasing innovation activity in organizations in the service sector / L.A. Fedoskina // Creative Economy. – 2008. – No. 3. – URL: [creativeconomy.ru/lib/3821](http://creativeconomy.ru/lib/3821).

6. Makarova, L.V. Quality assurance and competitiveness of services / L.V. Makarova, S.V. Konovalova // Electronic scientific journal «Engineering Bulletin of the Don». – 2018. – No. 1. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4719/>.

---

# ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

## PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 625.8:691

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Грачева Юлия Вячеславовна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Геотехника и дорожное строительство»  
E-mail: gds@pguas.ru

**Тарасеева Нелли Ивановна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Геотехника и дорожное строительство»  
E-mail: gds@pguas.ru

**Хрипунова Марина Станиславовна,**  
магистрант  
E-mail: gds@pguas.ru

**Моршанкин Владислав Алексеевич,**  
студент  
E-mail: gds@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Gracheva Yulia Vyacheslavovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Geotechnics and Road Construction»  
E-mail: gds@pguas.ru

**Taraseeva Nelli Ivanovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Geotechnics and Road Construction»  
E-mail: gds@pguas.ru

**Khripunova Marina Stanislavovna,**  
Undergraduate student  
E-mail: gds@pguas.ru

**Morshankin Vladislav Alekseevich,**  
Student  
E-mail: gds@pguas.ru

### ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ»

Ю.В. Грачева, Н.И. Тарасеева, М.С. Хрипунова, В.А. Моршанкин

Показана важность дисциплины «Геотехнические исследования грунтов» в формировании профессиональных компетенций в области инженерных изысканий и проектирования зданий. Описано, какую роль играет наличие умений и навыков исследования свойств грунтов и обработки полученных данных, приобретённых на лабораторных и практических занятиях с использованием специализированного оборудования и программного обеспечения.

*Ключевые слова: грунт, полевые и лабораторные методы испытания, прибор компрессионного сжатия, характеристики прочности, компрессионная кривая*

### DEVELOPMENT THE METHODS OF COMPRESSION STUDYING THE DISCIPLINE «GEOTECHNICAL RESEARCH OF SOILS»

Yu.V. Gracheva, N.I. Taraseeva, M.S. Khripunova, V.A. Morshankin

The discipline «Geotechnical soil research» contributes to the formation of professional competencies in the field of engineering surveys and principles of building design. The article

describes the role of skills and abilities acquired in laboratory and practical classes using specialized equipment and software in the study of soil properties and processing the obtained data.

*Keywords: soil, field and laboratory testing methods, compression compression device, strength characteristics, compression curve*

Одним из важных этапов определения геологических условий на строительной площадке являются лабораторные испытания образцов грунта. По установленной стандартизированной технологии из массива грунта при помощи колонкового бурения извлекаются образцы грунта, которые при соблюдении технологии формирования образца и транспортировки можно испытывать в лабораторных условиях для определения деформационных и прочностных характеристик. Только в совокупности с лабораторными испытаниями геологическая разведка участка полевыми методами может считаться достоверной и полной.

В практике лабораторных испытаний грунтов можно выделить широко используемые и специализированные методы. Широко используемыми в практике можно считать испытания грунтов в приборах компрессионного сжатия [1–3]. Данные методики испытаний являются стандартизированными уже многие десятки лет.

Ниже представлен анализ экспериментальных данных, полученных магистрантами кафедры «Геотехника и дорожное строительство» при освоении дисциплины «Геотехнические исследования грунтов» на лабораторных занятиях с использованием специализированного оборудования производства компании ООО НПП «Геотек». Испытанию в приборе компрессионного сжатия подвергались образцы грунта естественной влажности Калупановского карьера Пензенской области.

Журнал испытаний представлен в виде сводной таблицы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Сводные данные, полученные в ходе проведения испытания

№ п/п	Вертикальная нагрузка, кПа	Вертикальная абсолютная деформация, мм	Вертикальная нагрузка, МПа	Относительная вертикальная деформация	Стадия испытания
1 опыт	50	2,486362	0,049804	0,099245	Компрессия
	100	2,895509	0,098726	0,115611	Компрессия
	200	3,241712	0,199656	0,129669	Компрессия
	400	3,599389	0,399312	0,143976	Компрессия
2 опыт	50	2,125548	0,04937207	0,08502194	Компрессия
	100	2,522457	0,09962578	0,1008983	Компрессия
	200	2,898475	0,1988107	0,115939	Компрессия
	400	3,222269	0,3998255	0,1288907	Компрессия

В результате обработки данных были получены зависимости между вертикальным напряжением и вертикальной деформацией (рис. 1) и между вертикальным напряжением и относительной деформацией (рис. 2).

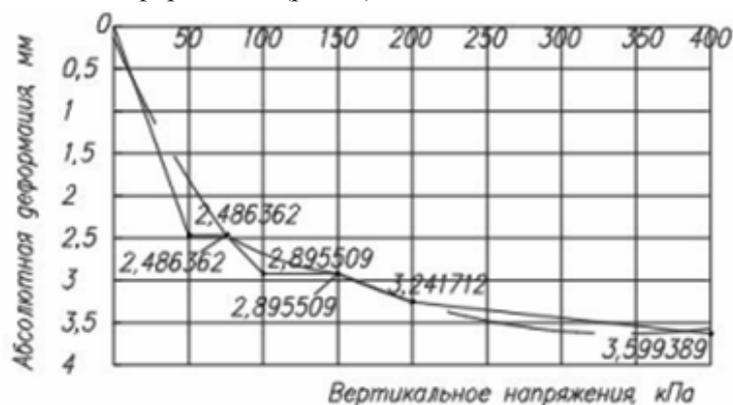


Рис. 1. График зависимости абсолютной деформации от вертикального напряжения

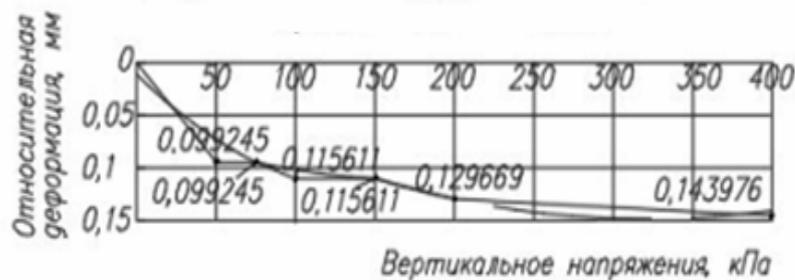


Рис. 2. График зависимости относительной деформации от вертикального напряжения

Для построения компрессионной кривой необходим такой параметр грунта, как изначальный коэффициент пористости  $e_0$ .

$$e_0 = \frac{(1+w) \cdot \gamma_s}{\gamma} - 1 = \frac{(1+0) \cdot 2,65}{1,3} - 1 = 1,03, \quad (1)$$

где  $w$  – весовая влажность образца;  $\gamma_s$  – удельный вес частиц образца;  $\gamma$  – удельный вес грунта.

$$\gamma = \frac{m}{V} = \frac{194}{148,5} = 1,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}. \quad (2)$$

В соответствии с [4] определяем тип испытуемого грунта. Это песок средней крупности, рыхлый.

График зависимости изменения коэффициента пористости от вертикальной нагрузки представлен на рис. 3.

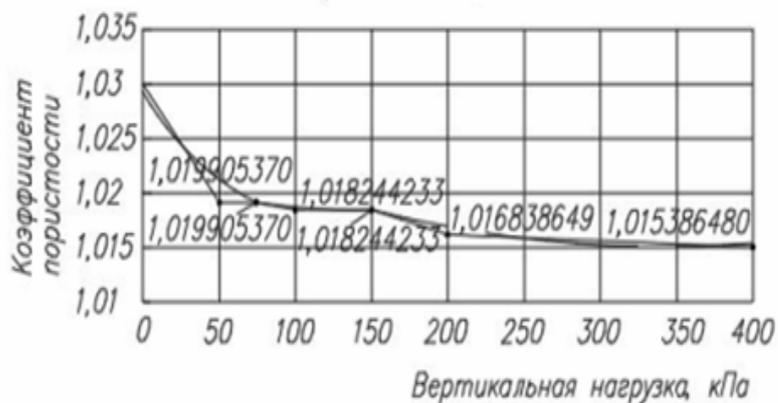


Рис. 3. График зависимости коэффициента пористости от изменения вертикальной нагрузки

Компрессионная кривая в полулогарифмическом виде изображена на рис. 4.

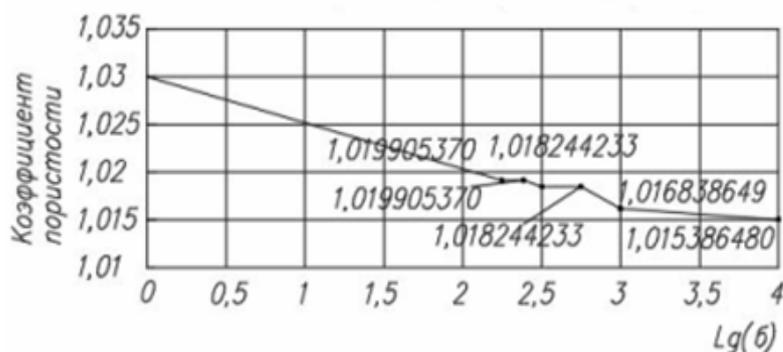


Рис. 4. Компрессионная кривая в полулогарифмическом виде

Построив данные графики, можно определить коэффициент сжимаемости грунта  $m_0$ ,  $\text{МПа}^{-1}$ ; компрессионный модуль деформации  $E_k$ ,  $\text{МПа}$ . Данные величины вычисляются для определенных интервалов давления: 0–50, 50–100, 100–200, 200–400 кПа.

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\delta_{i+1} - \delta_i}; \quad (3)$$

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta, \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в приборе. Для песков  $\beta=0,8$ .

Для интервала 0–50 кПа:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\delta_{i+1} - \delta_i} = \frac{1,03 - 1,01990}{0,05 - 0} = 0,202 \text{ МПа}^{-1};$$

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta = \frac{1 + 1,03}{0,202} 0,8 = 8,03 \text{ МПа}.$$

Для интервала 50–100 кПа:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\delta_{i+1} - \delta_i} = \frac{1,01990 - 1,01824}{0,1 - 0,05} = 0,0332 \text{ МПа}^{-1};$$

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta = \frac{1 + 1,03}{0,0332} 0,8 = 61,14 \text{ МПа}.$$

Для интервала 100–200 кПа:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\delta_{i+1} - \delta_i} = \frac{1,01824 - 1,016}{0,2 - 0,1} = 0,0144 \text{ МПа}^{-1};$$

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta = \frac{1 + 1,03}{0,0144} 0,8 = 112,7 \text{ МПа}.$$

Для интервала 200–400 кПа:

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\delta_{i+1} - \delta_i} = \frac{1,016 - 1,02566}{0,4 - 0,2} = 0,0035 \text{ МПа}^{-1};$$

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta = \frac{1 + 1,03}{0,0035} 0,8 = 464 \text{ МПа}.$$

Определение одометрического модуля деформации производится исходя из графика на рис. 1 по следующей формуле:

$$E_{ord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}. \quad (5)$$

Для интервала 0–50 кПа:

$$E_{ord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{50 - 0}{2,486362} = 20,01 \text{ МПа}.$$

Для интервала 50–100 кПа:

$$E_{ord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{100 - 50}{2,895509 - 2,486362} = 78,2 \text{ МПа}.$$

Для интервала 100–200 кПа:

$$E_{ord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{200 - 100}{3,241712 - 2,895509} = 139,8 \text{ МПа}.$$

Для интервала 200–400 кПа:

$$E_{ord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{400 - 200}{3,599389 - 3,241712} = 559,1 \text{ МПа}.$$

Между компрессионным и одометрическим модулями деформации существует следующая связь:

$$E_k = \beta \cdot E_{ord}; \quad (6)$$

$$\beta_1 = \frac{E_{k1}}{E_{ord1}} = \frac{8,03}{20,01} = 0,77;$$

$$\beta_2 = \frac{E_{k2}}{E_{ord2}} = \frac{61,14}{78,2} = 0,79;$$

$$\beta_3 = \frac{E_{k3}}{E_{ord3}} = \frac{112,7}{139,8} = 0,81;$$

$$\beta_4 = \frac{E_{k4}}{E_{ord4}} = \frac{464}{559,1} = 0,82;$$

$$\beta = \frac{0,77 + 0,79 + 0,81 + 0,82}{4} = 0,79.$$

Полученный опытным путем коэффициент  $\beta = 0,79$  приближен к нормированному значению  $\beta = 0,8$  для песков [4–6]. Данный коэффициент доказывает адекватность полученных результатов испытаний.

Таким образом, участие магистрантов в проведении испытаний на приборах компрессионного сжатия производства компании ООО НПП «Геотек» позволило обучающимся в полной мере ознакомиться с методикой работы на новейшем специализированном оборудовании, а также оценить практическую значимость лабораторных методов исследования свойств грунтов в проектной деятельности инженеров-проектировщиков. Набор деформационных и прочностных характеристик, полученных для приведенного грунта, доказывает достоверность полученных результатов.

### Список литературы

1. Болдырев, Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография / Г.Г. Болдырев. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
2. Прочностные характеристики грунтов в условиях прямого среза по методу ГОСТ 12248 / Ю.В. Грачева, Н.И. Тарасеева, М.С. Хрипунова, А.С. Крылов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – №2 (33). – С. 99–103.
3. Тарасеева, Н.И. Обзор методики применения приборов компрессионного сжатия и одноплоскостного среза в исследовательской деятельности магистрантов / Н.И. Тарасеева, Ю.В. Грачева, А.С. Володин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – №2 (11). – 2020. – С.67–72.
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – URL: [http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost\\_25100\\_2011.pdf](http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf). Дата обращения: 18.01.2020.
5. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Дата обращения: 18.01.2020.
6. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. Дата обращения: 18.01.2020.

---

## References

1. Boldyrev, G.G. Methods for determining the mechanical properties of soils with comments to GOST 12248-2010: monograph / G.G. Boldyrev. – 2nd ed., add. and ispr. – M.: LLC «Prondo», 2014. – 812 p.
2. Strength characteristics of soils in conditions of a direct cut according to the GOST 12248 method / Yu.V. Gracheva, N.I. Taraseeva, M.S. Khripunova, A.S. Krylov // Education and science in the modern world. Innovations. – 2021. – No. 2 (33). – P. 99–103.
3. Review of the methodology of using compression compression and single-plane slice devices in the research activities of undergraduates / N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, A.S. Volodin // Vestnik PGUAS: construction, science and education. – 2020. – №2 (11). – P. 67–72.
4. GOST 25100-2011. Soils. Classification. – URL: [http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost\\_25100\\_2011.pdf](http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf). Date of application: 18.01.2020.
5. GOST 30416-2012. Soils. Laboratory tests. General provisions. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Date of application: 18.01.2020.
6. GOST 12248-2010. Soils. Methods of laboratory determination of strength and deformability characteristics. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>. Date of reference: 18.01.2020.

---

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ,  
УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА  
ИНФОРМАЦИИ (ПО ОТРАСЛЯМ)

SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT  
AND INFORMATION PROCESSING  
(ON BRANCHES)